से. वेनेत्स्की

दुर्मिळ आणि विखुरलेले धातू

धातूंच्या कथा

मीर प्रकाशन
मॉस्को

दुर्मिळ आणि विखुरलेले धातू
धातूंच्या कथा

С. И. Венецкий

О РЕДКИХ И РАССЕЯННЫХ

РАССКАЗЫ О МЕТАЛЛАХ

Москва
Издательство
„Металлургия“

सं. वेनेत्स्की

दुर्मिळ आणि विखुरलेले धातू

धातूंच्या कथा

मीर प्रकाशन
मॉस्को

अनुवाद : राजेन्द्र सहस्रबुद्धे

S. Venetsky
ON RARE AND SCATTERED METALS
Tales about Metals

На языке маратхи

© Издательство «Металлургия», 1980
© English translation, Mir Publishers, 1983
© मराठी अनुवाद, मीर प्रकाशन. १९८७

अनुक्रमणिका

पुस्तकासंबंधी थोडेसे ६
महान नियमाचा विजय (गॅलिअम) ८
दुष्ट राक्षस (रुबीडिअम) १९
बंगाली धर्मगुरूंचे गुपित (स्ट्राँशिअम) २८
जुन्या खाणीतील शोध (इट्रिअम) ३७
डाइनॉसॉरचे पुनरुत्थान (टेक्नेशिअम) ४७
इंग्रज शास्त्रज्ञाचा विनोद (पॅलॅडिअम) ५७
फोनिशिआतील कॅडमसच्या स्मरणार्थ (कॅडमिअम) ६६
अद्‌भुत दुनियेशी जवळीक (इंडिअम) ७८
स्क्टालहसन मठातील वास्तव्य (अँटिमनी) ८५
निळ्या रंगाचे दोन अपरिचित (सिशिअम) ९५
बोलोग्नाच्या चांभाराचे सुदैव (बेरिअम) १०५
केवळ नाममात्र (हाफ्निअम) ११६
कचऱ्याच्या ढीगाचे गुपित (ऱ्हेनिअम) १२५
राजस धातूचा अपमान (ऑस्मिअम) १३४
इंद्रधनुष्यातील रंग (इरिडिअम) १४२
उमलणारा अंकुर (थॅलिअम) १५१
अवकाश मोहीम (बिस्मथ) १५९
दुर्मिळातील दुर्मिळ (फ्रान्सिअम) १७१
अक्षय्य किरण (रेडिअम) १८०

पुस्तकासंबंधी थोडेसे

विज्ञान आणि तंत्रविज्ञानातील अफाट प्रगतीचे आजचे युग आहे. मानवाने अवकाशात अग्निबाण सोडला, अणू-केंद्रकातील शक्तीचा उपयोग केला, "विचार करणारी" यंत्रे तयार केली आणि इतकेच नव्हे तर सजीव पेशींचे रहस्य सुद्धा उलगडले.

विज्ञान आणि तंत्रविज्ञानाची रोज नवनवीन आणि अत्यंत आकर्षक क्षेत्रे पादाक्रांत होत आहेत. यामध्ये असे एक क्षेत्र आहे जे अगदी प्राचीन परंतु तितकेच आकर्षक सुद्धा आहे. धातू आणि मिश्रधातूंची निर्मिती व उपयोग यांचा अभ्यास करणारे हे क्षेत्र म्हणजे धातुविज्ञान होय.

मानवी संस्कृतीच्या प्रभातकाली काही मोजकेच धातू ठाऊक होते. पण कालांतराने नवीन मूलद्रव्यांचा शोध लागला आणि अनेक उपयुक्त धातूंची लांबलचक यादी तयार झाली. काही धातूंची उपयुक्तता शास्त्रज्ञ आणि अभि-यंत्यांच्या चटकन लक्षात आली, तर काही धातूंचा प्रत्यक्ष वापर होईपर्यंत बरीच वर्षे जावी लागली. धातूंच्या या "सुस्तपणा"ला संयुक्तिक कारणे अर्थातच आहेत. पहिले कारण म्हणजे पृथ्वीच्या कवचामध्ये या धातूंचे प्रमाण अत्यल्प असल्याने त्यांचे निष्कर्षण करणे दुरापास्त आहे, काही धातूंना तर त्यांची स्वतःची अशी खनिजे नाहीतच, तर ते दुसऱ्या धातूंच्या खनिजामध्ये केवळ अशुद्ध द्रव्यांच्या स्वरूपात आढळतात. (या "विखुरलेल्या" मूलद्रव्यांचा अंतर्भाव दुर्मिळ मूलद्रव्यांच्या गटात केला जातो.) दुसरे असे की काही ठराविक काळापर्यंत अनेक धातूंबद्दल कोणतीच शास्त्रीय माहिती उपलब्ध नव्हती. या पुस्तकात आपण ज्या धातूंची ओळख करून घेणार आहोत त्यांचा उद्योगक्षेत्रात अतिशय दुर्मिळपणे वापर होत होता म्हणून त्यांना दुर्मिळ धातू संबोधिले गेले.

प्रचंड तांत्रिक प्रगती हे विसाव्या शतकाचे ठळक वैशिष्ट्य आहे. या काळातच उपकरण-निर्मिती, रसायनशास्त्र, वैमानिकी, अग्निबाण तंत्र, इले-क्ट्रॉनिक्स आणि अणू-शक्ती या विविध क्षेत्रात विशिष्ट गुणधर्मांच्या पदार्थांची नित्य गरज भासू लागली. म्हणूनच दुर्मिळ धातूंच्या जगतात लक्ष घालणे शास्त्रज्ञांना भाग पडले. या "एकांतवासी" धातूंचा काळजीपूर्वक अभ्यास केल्यावर लक्षात आले की त्यापैकी अनेकांना जन्मतःच "नैसर्गिक देणगी" मिळाली आहे. सहाजिकच उद्योगधंद्यांमध्ये दुर्मिळ धातूंचा शिरकाव झाला.

तंत्रविज्ञानाच्या कोणत्याही नवीन क्षेत्रात दुर्मिळ धातू, मिश्रधातू आणि त्यांची संयुगे यांचा सहभाग अगदी अटळ आहे असे म्हटल्यास अतिशयोक्ती होणार नाही. या बाबतीत अनेक दाखले देता येतील. अतिशय अचूक अशा नौकानयन उपकरणांमधील सूक्ष्म-तंतूंची लंबने ऱ्हेनिअमच्या मिश्रधातूपासून तयार करतात; गॅलिअमचा उपयोग निर्वात उपकरणांमधील द्रवरूप सील, तसेच उच्च तपमान दर्शविणारे तप-मापक आणि दाब-दर्शकांमध्ये होतो; दोष-निर्देशकांमध्ये वापरण्यात येणारे प्रकाश-घट आणि तत्सम उपकरणांमध्ये सिशिअम हा महत्त्वाचा घटक आहे; अण्विक भट्ट्यांमधील नियंत्रण-पट्ट्यांमध्ये आणि वैमानिकी व अग्निबाण क्षेत्रात वापरल्या जाणाऱ्या उच्च मिश्रधातूंमध्ये हाफ्निअम हा महत्त्वाचा घटक ठरतो, धाराव्यांवर इंडिअमचा पातळ थर दिला तर त्यांची झीज थांबून आयुष्यकाल वाढतो. अशी कित्येक उदाहरणे देता येतील.

या पुस्तकात काही दुर्मिळ धातूंबद्दल (लेश मूलद्रव्यांसह) माहिती आहे, आणि प्रस्तुत लेखकाच्या "धातूंच्या नवलकथा" (मराठी भाषेत १९८७ मध्ये प्रसिद्ध झालेल्या) या पुस्तकाचा हा दुसरा भाग आहे असे मानण्यास हरकत नाही.

लेखकाने या पुस्तकात सुद्धा पूर्वीच्याच शैलीचा वापर केला आहे: प्रत्येक रासायनिक मूलद्रव्याबाबत सखोल माहिती देण्याऐवजी दुर्मिळ धातूंसंबंधी मनोरंजक माहिती, उत्सुकतापूर्ण घटना, धातूंच्या या अद्‍भुतरम्य दुनियेतील महत्त्वाच्या शास्त्रीय शोधाचे काटेरी व अजूनही अनोळखी असलेले मार्ग यांचा ऊहापोह केला आहे.

पुस्तकामध्ये अनेक खऱ्या व काल्पनिक पात्रांचा समावेश करण्यात आला आहे. अनेक नामवंत शास्त्रज्ञांसह नेपोलिअन, अगाथा ख्रिस्ती, कॅरेल कॅपेक आणि शेरलॉक होम्स यांचा अप्रत्यक्ष उल्लेख येथे केलेला आहे. या व्यक्तींशी निगडित असलेल्या कथानकांच्या पार्श्वभूमीवर लेखकाने, भौतिकशास्त्र, रसायन-शास्त्र आणि धातू-विज्ञानातील यशोगाथा, धातू आणि उपकरणे व साधने तयार करण्यासाठी वापरण्यात येणाऱ्या नवीन पद्धतींच्या विकासाची वाटचाल यांची ओळख करून दिली आहे. सल्युत-६ कक्षात्मक-अंतरिक्ष स्थानकामध्ये अवकाश-पदार्थ-विज्ञानासंबंधी नुकतेच काही प्रयोग करण्यात आले, त्यांचा उल्लेख सुद्धा या पुस्तकात आहे.

वैज्ञानिक साहित्यामुळे प्रभावित होऊन अनेक शास्त्रज्ञ व अभियंते विज्ञान आणि अभियांत्रिकीच्या सर्वोच्च शिखराकडे जाणाऱ्या मार्गावर पहिले पाऊल ठेवतात. आजच्या तरुण पीढीला त्यांचा भविष्यकाल घडविण्याकरता हे पुस्तक उत्तेजन देईल असा माझा दृढ विश्वास आहे.

आकादमीशिअन ए. एफ. बेलोव

Ga

नियमाचा विजय महान

(गॅलिअम)

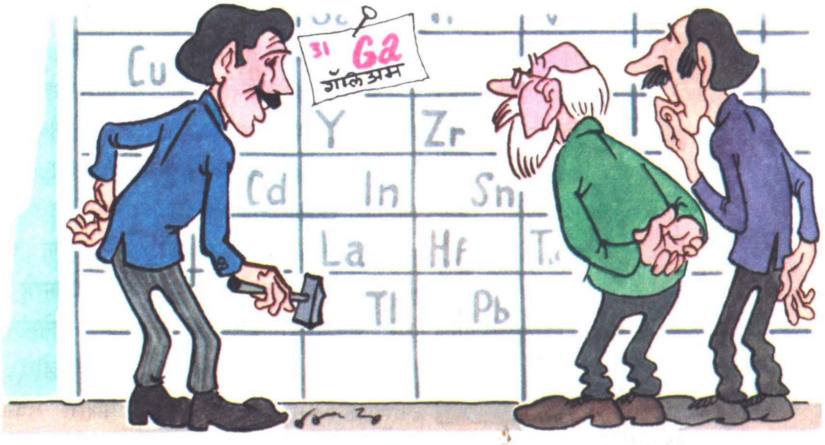
निष्कर्ष काढण्याची घाई करू नका ! – पहिला पुरावा – दैवाचा विचित्र खेळ – जांभळया रंगाचे अपरिचित – तो कोंबडा होता काय ? – शास्त्रीय विधान – वेगवेगळे विधिलिखित – लाजिरवाणा " सापत्नभाव " – गरीब नातेवाईक – कचऱ्यामधील संपत्ती – तळ हातावर गॅलिअम – आगीचा धोका नाही – दिव्यांचे आधुनिकीकरण – एक महान विक्षिप्त – अतुलनीय – सच्चा दोस्त नाही – अपवादात्मक देणगी – मूर्ख नव्हे – अवकाशातील प्रयोग – सूर्य का प्रकाशतो ?

सर्व रासायनिक मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांचे नियमन करणारे आवर्ती कोष्टक दिमित्री मेंदेलेयेव यांनी १८६९ मध्ये तयार केले. या शोधाचे अतिशय प्रतिकूल स्वागत करण्यात आले. वर्णपटीय विश्लेषण पद्धतीचा प्रवर्तक रॉबर्ट बुनसेन सारख्या गुणवान शास्त्रज्ञाने टोमणा मारला की " शेअर बाजारातील पत्रकात दिलेल्या आकडेवारीवरून एखाद्याला अशा प्रकारे कितीतरी निष्कर्ष काढता येतील. "

त्यानंतर मात्र आपल्या अविचारी टीकेबद्दल बुनसेनने खूप पश्चात्ताप केला असेल. परंतु १८६९ मध्ये मात्र अशी परिस्थिती होती की खुद्द मेंदेलेयेवने आवर्ती नियम सिद्ध केलेला नव्हता. पण नंतर त्याने अतिशय हुषारीने हा नियम सिद्ध केला. शास्त्रज्ञांना माहीत असलेल्या रासायनिक मूलद्रव्यांचे केवळ संकलन आणि नियमन एवढ्यापुरतेच आवर्ती नियमाचे महत्त्व मर्यादित नव्हते, तर रसायनशास्त्राच्या अथांग समुद्रातील नवनवीन बेटे शोधण्याकरिता – म्हणजेच विश्वाचे आधारस्तंभ असणारी नवीन मूलद्रव्ये शोधण्याकरिता आवर्ती कोष्टकाने अनेक प्रयोगकर्त्यांना होकायंत्रासारखी मदत केली. आवर्ती नियमाच्या आधारे एक डझनाहून अधिक मूलद्रव्यांच्या शोधाचे भाकीत मेंदेलेयेवने केले होते.

मेंदेलेयेवची अचूकता सिद्ध करणारे पहिले मूलद्रव्य म्हणजे गॅलिअम.

१८७० च्या अखेरीस रशियन फिजिकल ॲण्ड केमिकल सोसायटीच्या बैठकीत बोलताना मेंदेलेयेवने सांगितले की आवर्ती कोष्टकाच्या तिसऱ्या गटातील पाचव्या ओळीत निसर्गात अस्तित्वात असलेल्या परंतु अजून शोध न लागलेल्या एका मूलद्रव्यासाठी जागा आहे. त्याने या मूलद्रव्याचे गुणधर्म सुद्धा विस्तृतपणे



सांगितले व एका-ॲल्युमिनिअम (ॲल्युमिनिअमखाली या मूलद्रव्याची जागा असल्यामुळे) असे तात्पुरते नाव त्यास दिले. या मूलद्रव्याचा शोध वर्णपटीय विश्लेषण पद्धतीने लावता येईल असेही त्याने आत्मविश्वासपूर्वक सांगितले. (दैवाचा विचित्र खेळ म्हणजे स्वत: शोधलेली वर्णपटीय विश्लेषण पद्धतच आवर्ती कोष्टकाविरुद्ध आपण केलेली अविचारी टीका अर्थहीन असल्याचा सबळ पुरावा देईल याची बिचाऱ्या बुनसेनला तरी कल्पना असेल का?)

भाकीत केलेल्या मूलद्रव्याच्या शोधाची बातमी लवकरच आली. १८७५ मध्ये फ्रेंच रसायनज्ञ लिकॉक द बॉइसबॉड्रनने पायरनेसमधील पिरफिट येथे सापडलेल्या झिंक ब्लेंड या प्रसिद्ध खनिजाचे वर्णपटीय विश्लेषण केले. या विश्लेषणात एक अपरिचित अशी जांभळ्या रंगाची रेषा आढळली. खनिजामध्ये नवीन मूलद्रव्य असल्याचाच तो पुरावा होता.

परंतु नुसती रेषा शोधणे आणि ती रेषा दाखविणारे नवीन मूलद्रव्य वेगळे करणे या दोन्ही गोष्टीत खूपच अंतर आहे. झिंक ब्लेंडमधील या अज्ञात मूलद्रव्याचे अत्यल्प प्रमाण पाहता हे काम मुळीच सोपे नव्हते. परंतु या कामात लिकॉक द बॉईसबॉड्रन यशस्वी झाला.– त्याने केलेल्या अनेक प्रयोगांमधून सुमारे ०.१ ग्रॅम वजनाचा नवीन धातूचा एक कण मिळाला.

अशा तऱ्हेने सर्वात अवघड भाग तर पार पडला. या धातूला नाव देण्याची वेळ आली. आपल्या मातृभूमीच्या सन्मानार्थ त्याने गॅलिअम (फ्रान्सचे लॅटिन नाव गॅलिआ आहे) हे नाव दिले खरे, पण लवकरच काही खोडकर व्यक्तींनी असा दोषारोप केला की गॅलिअम या नावामध्ये रसायनज्ञाने स्वत:चे नाव अत्यंत हुषारीने लपविले आहे: 'गॅलस' (gallus) या लॅटिन शब्दाचा अर्थ कोंबडा असा होतो, तर फ्रेंच भाषेत कोंबड्याला लीकॉक (le cog) म्हणतात. म्हणजेच, गॅलिअम आणि लिकॉक द बॉइसब्रॉडन या दोन नावां-

मधील संबंध ताबडतोब लक्षात येतो असे टीकाकारांचे म्हणणे होते.

फ्रेंच ॲकॅडमी ऑफ सायन्सेसच्या अहवालात गॅलिअमच्या शोधाचे सूतोवाच करण्यात आले. मेदेलेयेवला जेव्हा ही बातमी कळली, तेव्हा त्याच्या लक्षात आले की गॅलिअम म्हणजे दुसरे कोणतेच मूलद्रव्य नसून एका-ॲल्युमिनिअम आहे. या मूलद्रव्याला त्याने आवर्ती कोष्टकात या आधीच स्थान दिले होते. फ्रेंच ॲकॅडमीला लिहिलेल्या पत्रात मेदेलेयेव म्हणतो "...ज्या पद्धतीने या मूलद्रव्याचा शोध लावून ते वेगळे करण्यात आले आणि त्याच्या गुणधर्मांचे वर्णन केले गेले त्यावरून हे मूलद्रव्य एका-ॲल्युमिनिअमच आहे असे म्हणण्यास कोणताच प्रत्यवाय नाही."

सैद्धांतिक एका-ॲल्युमिनिअम आणि अस्तित्वात असलेले गॅलिअम यांचे गुणधर्म खरोखरच आश्चर्यकारकरित्या मिळते-जुळते होते. फरक फक्त घनतेमध्ये होता. मेंदेलेयेवने भाकीत केल्याप्रमाणे गॅलिअमची घनता ६ ग्रॅम/सेंमी.^{3} होती, तर फ्रेंच रसायनज्ञाने ४.७ इतकी घनता असल्याचे सांगितले. यापैकी अचूक कोण? ज्याने नवीन धातू अजिबात पाहिला नाही तो, की हा धातू ज्याने प्रत्यक्षात हाताळला, एवढेच नव्हे तर त्यावर अनेक प्रयोग सुद्धा केले तो? सैद्धांतिक माहिती आणि प्रायोगिक निष्कर्ष एकमेकासमोर उभे ठाकल्याची किंवा मनाने कृतीला आव्हान दिल्याची विज्ञान-इतिहासातील ही काही पहिलीच घटना नाही.

आपण केलेले प्रयोग अचूक असल्याचे सिद्ध करून देण्याच्या हेतूने बॉईसबॉड्रनने पुन्हा एकदा गॅलिअमचे काही कण वेगळे केले. ते शुद्ध करून त्याचा अभ्यास केला. यावेळी मात्र गॅलिअमची घनता ६ च्या जवळपास असल्याचे त्याला आढळले, व आपल्या रशियन सहकाऱ्याची अचूकता त्याने मान्य केली. तो लिहितो— "मेंदेलेयेवच्या सैद्धांतिक अंदाजावर शिक्कामोर्तब करण्याकरता नवीन मूलद्रव्याची अचूक घनता ठरविणे किती अपवादात्मकरित्या महत्त्वाचे आहे हे सांगण्याची गरज नाही."

धातूंच्या इतिहासात अनेक प्रकारे साम्य आढळते. पण तुम्हाला ठाऊक असलेल्या शंभर लोकांमध्ये कोणत्याही दोन व्यक्तींचे चरित्र तंतोतंत कधीच सारखे नसते, त्याप्रमाणेच दोन धातूंचे पूर्वायुष्य कधीच शंभर टक्के एकसारखे

नसते. झिर्कोनिअम आणि हाफ्निअम, टँटलम आणि निओबिअम या जुळ्या धातूंबद्दल सुद्धा हीच परिस्थिती आहे. परंतु अनेक धातूंच्या जीवनातील सुरुवातीचा काळ निराशाजनकच ठरला. या धातूंचा व्यवहारात प्रत्यक्ष उपयोग होईपर्यंत त्यांना बरीच सहनशीलता दाखवावी लागली. त्यापैकी काही धातू सुदैवी ठरले. शोध लागल्यावर काही वर्षातच त्यांना 'काम' मिळाले, तर इतर धातूंच्या नशीबात वर्षानुवर्षे केवळ वाट पाहण्याचेच लिहिले होते. गॅलिअम सुद्धा दुर्दैवी धातूंपैकीच एक होते.

लिकॉक द बॉईसबॉड्रनने गॅलिअमचा शोध लावून अर्ध-शतक उलटले तरी उद्योग क्षेत्रात गॅलिअमकडे दुर्लक्षच होत होते. १९२९ मध्ये प्रसिद्ध झालेल्या सोविएत विश्वकोशात (प्रथम आवृत्ती) गॅलिअमच्या उपयोगाबद्दल फक्त चार शब्द छापलेले होते: "उद्योग-क्षेत्रात गॅलिअमचा उपयोग नाही." बस्, एवढेच.

पण या सापत्नभावाबद्दल स्पष्टीकरण तरी काय द्यायचे? ज्या धातूने आवर्ती नियमाची अचूकता सिद्ध करण्यात महत्त्वाची भूमिका बजावली त्या धातूचा आवर्ती कोष्टकाच्या ३१ क्रमांकाच्या खोलीत राहण्यापलीकडे काहीच उपयोग नसावा? रचनाकार, संशोधक आणि शास्त्रज्ञ यांचे लक्ष वेधून घेईल असा एकही गुणधर्म गॅलिअम जवळ नाही?

वाचकांच्या लवकरच लक्षात येईल की गॅलिअमचे गुणधर्म मुळीच आड येत नव्हते. तर मग या धातूचे अत्यल्प प्रमाण हे तर गॅलिअमच्या दुर्दैवाचे कारण नाही ना? पण तसेही नाही. पृथ्वीच्या कवचामध्ये गॅलिअमचे प्रमाण टंगस्टन किंवा टँटलमपेक्षा दहा पटीने तर पारा किंवा रुप्यापेक्षा शंभर पट जास्त आहे.

खरा मुद्दा हा आहे की, इतर विखुरलेल्या धातूंप्रमाणे स्वतःचे साठे तयार करण्याची गॅलिअम मुळीच "काळजी" घेत नाही. तसेच गॅलिअमच्या स्वतंत्र खाणी सुद्धा नाहीत. गॅलिअमचे पहिले खनिज नुकतेच आग्नेय आफ्रिकेत सापडले. हॅलाइट या खनिजामध्ये ३७ टक्क्यांपर्यंत गॅलिअम आढळते. सर्वसाधारणपणे, या धातूचे लक्षात येणार नाही इतके प्रमाण (एक शतांश टक्के) ॲल्युमिनिअम आणि क्वचित प्रसंगी लोह, जस्त, तांबे आणि इतर धातूंबरोबर "गरीब शेजाऱ्या"प्रमाणे आढळते. कोळशाच्या राखेमध्ये सुद्धा गॅलिअम बऱ्याच प्रमाणात आढळते. ब्रिटिश शास्त्रज्ञांच्या अंदाजानुसार ब्रिटिश बेटांमधील खाणीतून काढलेल्या एक टन कोळशामध्ये सरासरी पाच ग्रॅम गॅलिअम मिळते. बस् एवढेच? हे अल्प प्रमाण सुद्धा औद्योगिक दृष्टचा पुनर्लाभाकरता पुरेसे आहे. (सर्व कसे सापेक्ष आहे बघा: ३०० ते ४०० कि. ग्रॅ. लोह असलेले खनिज सुद्धा कमी प्रतीचे समजण्यात येते.)

गॅलिअमचे उत्पादन हळूहळू वाढत आहे. १९३२ साली जर्मनीमध्ये या

धातूचे प्रथमतः ५० किलो उत्पादन झाले. त्यानंतर तब्बल २० वर्षांनी गॅलिअमचे उत्पादन फक्त ३५० कि. ग्रॅ. पर्यंत वाढले. आधुनिक काळात कोणत्याही धातूचे उत्पादन टनांमध्ये मोजले जाते हे खरे असले तरी ऱ्हेनिअमसारख्या दुर्मिळ धातूचे पृथ्वीच्या कवचातील प्रमाण गॅलिअमपेक्षा कित्येक हजार पटींनी कमी असून सुद्धा गॅलिअमचे उत्पादन ऱ्हेनिअमपेक्षा खूपच कमी आहे.

गॅलिअमचे प्रमुख उद्‌गमस्थान म्हणजे ॲल्युमिनिअम उद्योगधंद्यातील वाया गेलेले पदार्थ. पण म्हणून गॅलिअम अगदी स्वस्त आहे असा निष्कर्ष काढण्याचा उतावीळपणा करू नका. कच्चा माल स्वस्त असला तरी त्यापासून गॅलिअमचे उत्पादन करण्याची पद्धत इतकी गुंतागुंतीची आहे (ॲल्युमिनिअमपासून निष्कर्षण करणे सुद्धा) की जागतिक बाजारपेठेत तो एक अत्यंत महागडा धातू ठरतो. या शतकातील पाचव्या दशकाच्या मध्यावर एक कि. ग्रॅ. गॅलिअमची किंमत ३००० डॉलर म्हणजेच सोन्यापेक्षा तीन पटींनी अधिक होती. कल्पना करा तुमच्या तळहातावरील गॅलिअमची केवळ एक वीट केवढी महाग असू शकते!

अर्थात गॅलिअमला हातात धरण्याचा सल्ला आम्ही मुळीच देणार नाही एवढा किंमतवान धातू ठेवण्याची ही योग्य जागा नाही म्हणून नव्हे तर तुमच्या शरीरातील उष्णता गॅलिअमचे द्रवात रूपांतर करण्यास पुरेशी आहे: या रुपेरी रंगाच्या मृदू धातूचा (हा धातू सुरीने सहज कापता येतो) विलय बिंदू अतिशय कमी म्हणजे २९.८° सें. ग्रे. इतकाच आहे. या गुणधर्माबाबत फक्त चंचल पारा – जो उणे ४० अंश सें. ग्रे. तपमानावरच स्थिर होतो, आणि २८.५° सें. ग्रे. तपमानावर वितळणारा सिझिअम धातूच गॅलिअमपेक्षा वरचढ आहेत. गॅलिअम हातामध्ये न धरण्यामागे आणखी एक कारण म्हणजे तो

काहीसा विषारी (पाऱ्यापेक्षा जास्त) सुद्धा आहे. गॅलिअम हातात धरल्यावर लगेच प्रतिकूल परिणाम दिसतात.

विलयबिंदू कमी असल्यामुळे अनेक समीलनक्षम मिश्रधातू तयार करताना गॅलिअम एक आधारभूत घटक म्हणून वापरण्यात येतो. गॅलिअम (६७ टक्के), इंडिअम (२०.५ टक्के) आणि कथील (१२.५ टक्के) यांच्या मिश्रधातूचा विलय बिंदू १०.६° सें. ग्रे. इतका कमी असल्यामुळे तो थरातील तपमानात सुद्धा स्थिर राहू शकत नाही. अशा मिश्रधातूचा अभियांत्रिकीमध्ये – विशेषत: आगीची सूचना देणाऱ्या उपकरणांमध्ये – बराच उपयोग होतो. इमारतीमधील हवा एका ठराविक मर्यादेपर्यंत गरम झाली की रिलेमधील गॅलिअम मिश्रधातूंचे स्तंभ वितळतात. परिणामी विद्युत प्रवाह खंडित होऊन ध्वनी अथवा प्रकाशाद्वारे धोक्याची सूचना मिळते. कोणत्याही मानवी पहारेकऱ्यापेक्षा ही व्यवस्था अधिक विश्वसनीय म्हणावी लागेल.

कमी विलय-बिंदू असलेल्या गॅलिअमच्या मिश्रधातूंना (व खुद्द गॅलिअमला) उत्कृष्ट ओलसरपणा असतो. म्हणूनच निर्वात उपकरणे सीलबंद करण्याकरिता पाऱ्याऐवजी त्यांचा वापर जास्त होतो. पाऱ्याऐवजी गॅलिअम वापरल्यामुळे निर्वातपणा अधिक परिणामकारकपणे राखला जातो.

गॅलिअम, इंडिअम आणि कथील यांच्या मिश्रधातूचा उपयोग वंगण म्हणून, क्वार्टझ्, काच आणि मृत्तिकाशिल्पांच्या एकमेकांस जोडलेल्या भागांमधील थर म्हणून व दाब-बंधनाकरता होतो. धाराव्या (बॉल-बेअरिंग्ज)वर गॅलिअम-इंडिअमचा थर दिला असता त्यांचा सेवाकाल बराच वाढतो. गॅलिअम विषारी आहे, पण निकेल आणि कोबाल्टच्या सहवासात गॅलिअमचे विषारीपण नाहीसे होते व दातांमधील पोकळी भरण्यासाठी उच्च प्रतीची पावडर तयार करण्याकरता सुद्धा त्यांचा उपयोग होतो.

वैद्यकशास्त्रातील नीलातीत दिव्यांमधील ऋणाग्र पूर्वी पाऱ्यापासून तयार केले जात होते. आता हे ऋणाग्र अॅल्युमिनिअम आणि गॅलिअमच्या मिश्रधातूंपासून तयार करतात. या ऋणाग्राच्या अभिवाहकामध्ये अधिक नीलातील किरण असल्यामुळे हा मिश्रधातू या कामासाठी अगदी उत्कृष्ट असल्याचे आढळून आले.

बहुतेक सर्व धातू एकाच तपमानावर वितळतात आणि घनरूपी बनतात. गॅलिअमचा अद्वितीय गुणधर्म म्हणजे अतिशीत अवस्थेत महिनो-महिने ते द्रवरूपात राहू शकते. गॅलिअमचा थेंब जर बर्फावर टाकला तर बराच वेळ तो घनरूपी होणार नाही, पण घन झाल्यावर मात्र त्याचे आयुर्मान बरेच वाढलेले असेल. म्हणूनच धातूच्या किंवा मृत्तिकेच्या भांड्यामध्ये द्रवरूप गॅलिअम ठेवू नये कारण, गॅलिअम घन होताच ती भांडी फुटतात. गॅलिअम सहसा जिलेटीन अथवा रबरी सिलिंडरमध्ये ठेवतात. धनीभवन झाल्यावर आकारमानात वाढ

होण्याच्या गॅलिअमच्या गुणधर्माचा (अँटिमनी आणि बिस्मथ वगळता द्रव अवस्थेतून घन अवस्थेत येताना इतर धातूंच्या वजनात 'घट' होते.) उपयोग अतिउच्च दाब-उपकरणांमध्ये करण्यास बराच वाव आहे.

गॅलिअमचा सर्वात मोठा फायदा म्हणजे तपमानाच्या विस्तृत मर्यादेमध्ये तो द्रवरूप राहू शकतो. या गुणधर्माबाबत इतर कोणताही धातू गॉलिअमशी बरोबरी करू शकत नाही. २२३०° सें. ग्रे. तपमानापर्यंत गरम केल्यानंतरच द्रव गॅलिअम धातू उकळू लागतो. या आश्चर्यकारक गुणधर्मामुळेच उच्च तपमापकात व दाब मापकात गॅलिअमची भूमिका महत्त्वाची ठरते. १०००° सें. ग्रे. किंवा त्यापेक्षा अधिक तपमान मोजण्यासाठी गॅलिअम तपमापक वापरतात. इतक्या उच्च तपमानास पारा कुचकामी ठरतो कारण, ३५७° सें. ग्रे. तपमानावरच पारा उकळण्यास सुरुवात होते.

कमी विलय-बिंदू आणि विस्तृत तपमान-मर्यादेत द्रवरूप राहण्याच्या क्षमतेमुळे आण्विक भट्ट्यांमध्ये एक उत्कृष्ट उष्णतावाहक माध्यम म्हणून गॅलिअमने स्थान मिळविले आहे. पण आण्विक भट्टीच्या बांधकाम-साहित्याशी गॅलिअमचा संबंध येता कामा नये. उच्च तपमानावर बहुतेक सर्व धातू आणि मिश्रधातू गॅलिअममध्ये विरघळतात आणि नाश पावतात. या कारणास्तव उष्णतावाहकाची महत्त्वाची भूमिका सध्या सोडिअम आणि पोटॅशिअम पार पाडतात. या समस्येवर तोडगा निघणे शक्य आहे – १०००° सें. ग्रे. तपमानात सुद्धा टंगस्टन आणि टँटलम हे धातू गॅलिअमच्या संपर्कात अबाधित शहतात. गंमत म्हणजे "हल्लेखोर" गॅलिअम अल्प प्रमाणात (५ टक्क्यांपर्यंत) मॅग्नेशिअम बरोबर मिसळल्यास मॅग्नेशिअमची क्षरण-रोधकता आणि ताकद वाढते.

दुसरे असे की, गॅलिअम स्फटिकांची विद्युतरोधकता विद्युतप्रवाहाच्या दिशेवर – म्हणजेच विद्युतप्रवाह उभ्या अक्षातून अथवा आडव्या अक्षातून जात आहे त्यावर – अवलंबून असते. अशा तऱ्हेच्या उच्च – नीच विद्युतरोधकतेचे गुणोत्तर ७ आहे. हे गुणोत्तर इतर कोणत्याही धातूपेक्षा जास्त आहे. हेच तत्त्व उष्णताप्रसारणांकाबाबत लागू पडते. उष्णतेच्या दिशानुरूप हा प्रसरणांक तीन ने बदलतो.

प्रकाश उत्कृष्टपणे परावर्तित करण्याच्या क्षमतेमुळे आरसे तयार करण्या-करिता गॅलिअमचा उपयोग होतो. आणि विशेष म्हणजे उच्च तपमानावर सुद्धा गॅलिअम-आरसे अंधुक होत नाहीत. उच्च वक्रीभवनांक असलेल्या व अवरक्त किरणे आरपार जाणाऱ्या खास प्रकारच्या काचेच्या उत्पादनात गॅलिअम ऑक्साइड वापरण्यात येते.

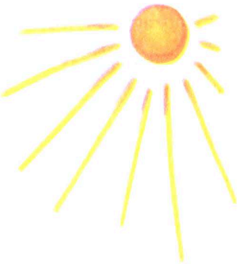
अतिशय शुद्ध गॅलिअम (९९.९९९ टक्क्यापेक्षा कमी शुद्धता नसणारे) जर्मेनिअम आणि सिलिकॉनच्या मिश्रधातूमध्ये पूरक म्हणून वापरले जाते, कारण त्यामुळे या धातूंची अर्धवाहकता वाढते. स्वतः गॅलिअम सुद्धा याबाबत "कमी पडत" नसल्याचे नुकतेच आढळून आले आहे. अँटिमनी, फॉस्फरस आणि विशेष करून अर्सेनिक बरोबरील गॅलिअम संयुगे अर्धवाहकतेचा गुणधर्म दाखवितात.

अर्धवाहक साधनांच्या उच्च क्षमतेस कारणीभूत ठरणाऱ्या बहुजिनसी जोडांमध्ये हे गुणधर्म प्रकर्षाने आढळतात. एकाच स्फटिकामधील भिन्न रासाय-निक गुणधर्म असलेल्या अर्धवाहकांमधील दुव्यांना बहुजिनसी जोड म्हणतात. या "एकाच छपराखालील" जीवनाला अर्धवाहक-अभियांत्रिकीमध्ये उज्ज्वल भविष्यकाल असल्याचे शास्त्रज्ञांनी सैद्धांतिकरित्या केव्हाच सिद्ध केले आहे. या "सहजीवना" करीता योग्य ती जोडी शोधण्यातच खरी अडचण आहे. शास्त्रज्ञांनी डझनभर जुळण्या करून बघितल्या पण त्यापैकी कोणतीच जुळणी आदर्श ठरली नाही व अनेक वेळा विसंगतीच दिसली. नंतर असे सुचविण्यात आले की, गॅलिअम आणि ॲल्युमिनिअमची अर्सेनिक संयुगे या कामाकरता योग्य ठरावित. त्यांचे स्फटिकजालक पाण्याच्या दोन थेंबांप्रमाणे असतात, व हेच महत्त्वाचे होते. 'पण पुन्हा एक नवीनच अडचण निर्माण झाली. दमट हवामानात ॲल्युमिनिअम अर्सेनाइड इतके अस्थिर होते की डोळ्यादेखत त्याचे विघटन होते.

यावर काहीच उपाय नव्हता? अखेर गॅलिअम मदतीला धावून आले — ॲल्युमिनिअम अर्सेनाइडमध्ये गॅलिअमचे अणू मिसळले असता त्यास पुरेशी स्थिरता मिळाली. बहुजिनसी जोडाची समस्या सुटली आणि त्यावर आधारित अनेक अद्ययावत उपकरणे तयार झाली.

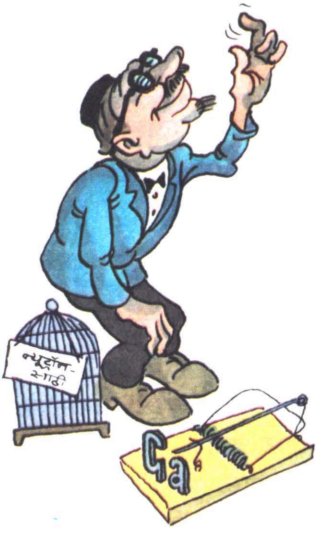
गॅलिअम संयुगांच्या उपयोगांचे क्षेत्र दिवसेंदिवस वाढत आहे. संगणक, रडार, सौर-घटातील तापयुग्मे व अग्निबाणाशी संबंधित अर्ध-वाहक उपकर-णांमध्ये गॅलिअमचा उपयोग झालेला दिसतो. लेसर, आणि प्रकाशमान वस्तूं-मध्ये, तसेच कार्बनी रसायनशास्त्रातील अनेक महत्त्वाच्या प्रक्रियांमध्ये उच्च दर्जाचा उत्प्रेरक म्हणून गॅलिअम संयुगांचा वापर होतो.

अगदी आजपर्यंत "अभियंता गॅरिनचा अपास्तपृष्ठ" (ॲलेक्सी टॉल-स्टॉयच्या प्रसिद्ध कादंबरीतील नायकाने शोधलेला नियंत्रित प्रकाशाचा प्रखर



किरण) ही वस्तू एकदम कपोल कल्पित वाटत असे. पण आजचे अपास्तपृष्ठ — म्हणजेच लेसर — मात्र अगदी परिचित झालेले आहेत. लेसर-पदार्थांपैकी गॅलिअम अर्सेनाइड हा पहिला लेसर-पदार्थ होता. पाश्चिमात्य जाणकारांच्या मते, गॅलिअम अर्सेनाइडवर आधारित असे साधे, आटोपशीर आणि परिणामकारक लेसर अवकाश-उपकरणांसाठी, विशेषत: अवकाश यात्री व अवकाश यानांमधील अथवा नजिकच्या दोन अवकाश-स्थानकांमधील संभाषणासाठी आदर्श ठरेल. चंद्रावर "उतरताना" सुद्धा असे लेसर वापरण्याची योजना होतीच.

वजन विरहीत अवस्थेमुळे सखोल तंत्रशास्त्रीय प्रयोगांकरता बाह्य अवकाश अगदी अद्वितीय जागा आहे. अमेरिकेच्या स्कायलॅब या अंतरिक्ष प्रयोग शाळेतील संशोधकांनी गॅलिअम अर्सेनाइडचा २५ मिलिमीटर लांबीचा स्फटिक तयार करण्यात यश मिळविले. पृथ्वीवर मात्र २ किंवा ३ मि. मी. पेक्षा जास्त लांबीचा स्फटिक तयार करणे शक्य झालेले नाही. सोविएत संघाच्या सल्युत-६ स्थानकामध्ये सुद्धा अवकाशात याच धर्तीवर प्रयोग करण्यात आले. सोविएत अवकाश यात्रींनी गॅलिअम आणि मॉलिब्डेनमचा मिश्रधातू तयार करण्याचा प्रयोग केला ("स्प्लाव" या प्रकल्पांतर्गत.) महत्त्वाचा मुद्दा हा की गॅलिअमेक्षा मॉलिब्डेनम जवळजवळ दुप्पट जड आहे आणि सर्वसाधारण परिस्थितीत या दोन धातूंचे समप्रमाणात मिश्रण होत नाही: घनीभवन होताच मिश्रधातूच्या वरील थरामध्ये गॅलिअम अधिक आढळते



तर खालच्या थरामध्ये मॉलिब्डेनम. परंतु वजनविरहीत अवस्थेमध्ये गॅलिअम आणि मॉलिब्डेनम "समान" ठरतात आणि त्यांचा मिश्रधातू एकजिनसी होतो.

सूर्य का प्रकाशतो याचे स्पष्टीकरण गॅलिअममुळे मिळणे अगदी शक्य आहे. तुमचा कदाचित विश्वास बसणार नाही पण अनेक दशलक्ष वर्षांपासून आपल्याला सूर्यापासून प्रचंड प्रमाणात जी ऊर्जा मिळत आहे त्याबद्दल आपल्याजवळ फक्त तर्क आहेत, पुरावा नाही. अनेक सिद्धांतांपैकी बहुसंख्य लोकांना मान्य व विश्वसनीय वाटणारा सिद्धांत असे सांगतो की सूर्यामध्ये अव्याहतपणे चालणाऱ्या औष्णिक अणु-केंद्रकीय संश्लेषण क्रियांमुळे ही ऊर्जा निर्माण होते. पण हे सिद्ध कसे करायचे?

औष्णिक अणू-केंद्रकीय प्रक्रियांमध्ये निर्माण होणारे न्यूट्रिनो हे कण याबाबत अप्रत्यक्षपणे परंतु भक्कम पुरावा देऊ शकतात. पण हा पुरावा सहजासहजी मिळत नाही. स्विस भौतिकतज्ज्ञ वोल्फगँग पॉली यांनी १९३२ मध्ये न्यूट्रिनोच्या अस्तित्वाचे सैद्धांतिक भाकीत केले होते. पण त्यांनी असेही सांगितले की या कणांना वजन अथवा विद्युत प्रभार नसल्यामुळे त्यांचे अस्तित्व प्रयोगांनी सिद्ध करता येणार नाही.

असे असले तरी न्यूट्रिनो जवळ ऊर्जा आहे व त्यांची भेदन-क्षमता प्रचंड असते हे सुद्धा सत्य आहे. सूर्याच्या केंद्रकापासून मुक्त होताच सौर-द्रव्य पार करून हे कण पृथ्वी (आणि इतर आकाशीय वस्तू) कडे मोठ्या संख्येने धाव घेतात. प्रत्येक सेकंदाला, प्रति चौरस सें. मी. पृष्ठभागावर ६०,००० दशलक्षापेक्षा अधिक न्यूट्रिनोंचा मारा होतो असा अंदाज आहे. मोकळ्या अवकाशाप्रमाणे ते कोणत्याही वस्तूमधून सहज आरपार जात असल्यामुळे त्यांची नोंद करणे जवळजवळ अशक्य. काही वस्तू न्यूट्रिनोंचा मागोवा घेऊ शकतात. क्लोरिन-३७ या मूलद्रव्याचा अणू-केंद्रक न्यूट्रिनो शोषून घेतो आणि इलेक्ट्रॉनचे उत्सर्जन करतो. परिणामी, अरगॉनच्या अणूमध्ये त्याचे रूपांतर होते. पण खूप ऊर्जासंपन्न न्यूट्रिनोंच्या साहाय्यानेच ही अभिक्रिया पार पडते. सूर्यापासून येणाऱ्या न्यूट्रिनोंच्या अभिवाहात शक्तिशाली न्यूट्रिनोंचे प्रमाण फारच कमी (दहा हजारांश पेक्षा कमी) असते. म्हणूनच या पळपुट्या कणांना पकडण्यासाठी अगदी जंतुरहित स्थिती पाहिजे.

अशी स्थिती निर्माण करण्याचे प्रयत्न काही वर्षांपूर्वी अमेरिकेत करण्यात आले. अवकाशातील इतर कणांपासून पूर्ण सुरक्षितता साधण्यासाठी दक्षिण डाकोटामधील एका निरुपयोगी सोन्याच्या खाणीत सुमारे दीड कि. मी. खोलीवर टेट्राक्लोरोइथिलीन (सफाई द्रव्य) ने भरलेली एक भलीमोठी टाकी स्थापन करण्यात आली. सैद्धांतिक गणनेनुसार प्रत्येक ४८ तासांमध्ये क्लोरिन-३७ च्या तीन अणूंचे अरगॉन-३७ च्या अणूंमध्ये रूपांतरण व्हावयास हवे. यापैकी दोन रूपांतरणे न्यूट्रिनोमुळे घडून येतात तर तिसरे रूपांतरण

पृथ्वीच्या स्तराचा दीड कि. मी. लांबीचा भेद करून येणाऱ्या इतर प्रारणांमुळे होते असा समज होता. पण, प्रत्यक्षात मात्र दोन दिवसांअखेर 'अरगॉनच्या फक्त एकाच अणूचे निदान झाले. याचा असा अर्थ की सूर्याकडून येणाऱ्या पाहुण्यांचा – म्हणजेच न्यूट्रिनोंचा – येथे काहीच संबंध नाही.

तर मग, पृथ्वीवर न्यूट्रिनो येतच नाहीत व सौरऊर्जेचा औष्णिक अणू-केंद्रकीय सिद्धांत चूक आहे असा तर त्याचा अर्थ नव्हे ना? सूर्य ही एक प्रचंड औष्णिक अणू-केंद्रकीय भट्टी आहे ही संकल्पना खोडून काढण्यास वर उल्लेखिलेला प्रयोग पुरेसा आहे असे सोविएत भौतिकतज्ज्ञांना मात्र वाटत नाही. खरे पाहता, अशा प्रकारचे प्रयोग यशस्वी होण्यासाठी अधिक अचूकता साधण्यात आली पाहिजे. शिवाय, हाच सिद्धांत असेही सांगतो की पृथ्वीवर जे न्यूट्रिनो पोचतात त्यांची ऊर्जा कमी असते. या ऊर्जेची दखल घेण्याच्या कामी क्लोरीन-अरगॉन पद्धत मुळीच उपयोगी नाही. नेमके याच ठिकाणी गॅलिअमबाबत अपेक्षा वाढतात. कमी ऊर्जेच्या न्यूट्रिनोबाबत ते एक चांगले लक्ष्य ठरावे. गॅलिअम-७१ समस्थानिकाचे केंद्रक हे कण ताबडतोब शोषून घेतात व त्यांचे जर्मेनिअम-७१ च्या समस्थानिकात रूपांतर होते. जर्मेनिअम-७१ च्या अणूंची संख्या एकदा माहीत झाली की सूर्याकडून येणारा न्यूट्रिनो-प्रवाह मोजता येईल. सध्या ही पद्धत फक्त कागदावरच आहे हे जरी खरे असले तरी सोविएत संघामध्ये बॅकसन नदीच्या (उत्तर कॉकेशस भागात) घळईमध्ये न्यूट्रिनो वेधशाळेसाठी एक खोल भुयार करून गॅलिअम-जर्मेनिअम प्रकल्प उभारण्यात आला आहे. या प्रकल्पाकरीता अत्यंत महाग अशा काही टन वजनाच्या गॅलिअमची गरज असली तरी खुद्द प्रयोगामध्ये हा धातू अबाधित राहील. आणखी काही वर्षांनी आधुनिक खगोल-भौतिकशास्त्रातील या भेडसावणाऱ्या समस्येवर गॅलिअम प्रकाश टाकेल हे अगदी शक्य आहे.

Rb

दुष्ट राक्षस
(रूबीडिअम)

बायबलवर विश्वास ठेवल्यास – ग्रीनलँडमधील पुरातन खडक – हिमालय तरुण ठरतात – टिक् टिक् न करणारे घड्याळ – वर्णपटातील शोध – थोडक्यात माहिती – बुनसेनद्वारा सरोवराचे बाष्पीभवन – पावशतकानंतर – तुरुंगात – बर्फाशी धडक – केंद्रकापासून अतीदूर – ऊर्जायुद्धाचे भवितव्य – आनंददायक काम – जागतिक बाजारपेठेसंबंधित व्यवसाय – घड्याळाचे ठोके – वीस शतके आणि एक सेकंद – भूमिगत धनसंग्रह – कामा नदीच्या तीरावर – मीठ कोणी रंगविले ? – काळ्या समुद्रातील सरोवरामध्ये – आपल्या पतीचे रक्षण करा !

पृथ्वीचे वय किती असावे ? दुर्दैवाने, पृथ्वीच्या 'जन्माचा दाखला' उपलब्ध नसून ती (एखाद्या प्रौढ स्त्रीप्रमाणे) आपले वय काळजीपूर्वक लपवित आहे. परंतु, प्रत्येक गुपिताचा मागोवा घेणारे लोक सुद्धा असतातच. या विश्वामध्ये आपले 'घर' केव्हा अस्तित्वात आले या मुद्द्यावर अनेक शतकांपासून चर्चा चालू आहे. बायबलनुसार, पृथ्वी अगदी नजिकच्या काळात म्हणजे सुमारे सहा हजार वर्षांपूर्वीच अस्तित्वात आली. आधुनिक शास्त्रीय दृष्टीकोनानुसार मात्र पृथ्वीचे वय ४,५००,००० दशलक्ष वर्षे इतके आहे.

प्राचीन पर्वतांमधील खडक शास्त्रीय विधानाला पुष्टी देतात. अगदी आजपर्यंत, दक्षिण अफ्रिकेतील ट्रान्सवाल प्रदेशात सापडलेल्या खडकांचे नमुने पृथ्वीवरील सर्वात जुने खडक मानले जात होते. त्यांचे वय ३४००-३५०० दशलक्ष वर्षे असल्याचा अंदाज आहे. १९६६ मध्ये मॅक्ग्रेगर नामक न्यूझीलंडच्या शास्त्रज्ञाला ग्रीनलँडमधील अमेरॅलिक जोर्ड भागात जे खडक सापडले ते अफ्रिकेतील खडकांपेक्षा कमीतकमी ५०० दशलक्ष वर्षांनी जुने असल्याचे आढळून आले. हे वय, रुबीडिअम-स्ट्रॉंशिअम नामक घड्याळाच्या साहाय्याने वर्तविण्यात आले. हे घड्याळ आहे तरी कसे ?

विसाव्या शतकाच्या सुरुवातीस ब्रिटिश भौतिकतज्ज्ञ अर्नेस्ट रुदरफोर्डने सांगितले की किरणोत्साराच्या गुणधर्माचा उपयोग करून खडक आणि खनिजांचे वय निश्चित करणे शक्य आहे. किरणोत्साराचा शोध त्यावेळी नुकताच लागला होता. पृथ्वीवरील पदार्थांमध्ये असलेल्या किरणोत्सारी रासायनिक

मूलद्रव्यांचे अणू सतत कोणत्या ना कोणत्या प्रकारच्या केंद्रकीय कणांचे उत्सर्जन करत असतात व त्याचवेळी त्यांचे दुसऱ्या मूलद्रव्यांच्या अणूंमध्ये रूपांतरण होत असते. गंमत अशी की, अशा प्रकारचे रूपांतरण, तपमान, दाब अथवा इतर कोणत्याही गोष्टीवर अवलंबून नसते. पण प्रत्येक किरणोत्सारी पदार्थाचा अर्धायुकाल मात्र ठरलेला असतो. या काळात एकूण पदार्थापैकी बरोबर निम्म्या पदार्थाचा ऱ्हास होतो. काही मूलद्रव्यांचा अर्धायुकाल एक दशलक्षांश सेकंद एवढाच असतो, तर इतर मूलद्रव्यांबाबत हाच काल कित्येक अब्जावधी वर्षे इतका असतो.

या 'दीर्घायुषी' मूलद्रव्यांपैकी रुबीडिअम-८७ (रुबीडिअमच्या जागतिक साठ्यामध्ये त्याचा हिस्सा २८ टक्के आहे) चा अर्धायुकाल ४८००० दशलक्ष वर्षे इतका आहे. या मूलद्रव्यातून अव्याहतपणे इलेक्ट्रॉनचे उत्सर्जन होऊन त्याचे सावकाश पण खात्रीने स्ट्रॉंशिअमच्या स्थिर समस्थानिकात (अणुवस्तु-मान ८७) रूपांतर होत असते. या समस्थानिकाचा मात्र पुढे ऱ्हास होत नाही. या समस्थानिकांचे व त्यांचे जवळचे 'नातलग'-८८, ८६ आणि ८४ क्रमांकाच्या समस्थानिकांचे प्रमाणित गुणोत्तर माहीत असल्यामुळे एखाद्या खडकामध्ये रुबीडिअम-८७ च्या किरणोत्सारी ऱ्हासामुळे निर्माण होणारे स्ट्रॉंशिअमचे अधिक प्रमाण सहज कळू शकते. सुरुवातीच्या पदार्थाचे प्रमाण एकदा का निश्चित झाले की रूपांतरणाची क्रिया केव्हापासून सुरू झाली हे ठरविणे – म्हणजेच खडकाचे वय निश्चित करणे अगदी सोपे आहे.

रुबीडिअम आणि स्ट्रॉंशिअमच्या समस्थानिकांमुळे ग्रीनलँडमधील पर्वत खडकांचे इतिहासकालपूर्व वय ठरविणे शक्य झाले, तर याच मूलद्रव्यांच्या जोडीने जगातील सर्वोच्च अशा हिमालयाचे वय समजूतीपेक्षा कमी असल्याचे दाखवून दिले आहे. आजपर्यंतचा शास्त्रीय दृष्टिकोन असा होता की मध्य आशियातील या पर्वत राजी काही शेकडो दशलक्ष वर्षांपूर्वी निर्माण झाल्या. जपानी शास्त्रज्ञांनी हिमालयातील खडकांचा रुबीडिअम-स्ट्रॉंशिअम घड्याळयाच्या साहाय्याने काळजीपूर्वक अभ्यास केल्यावर ही समजूत खोटी ठरली. त्यांनी असा निष्कर्ष काढला की या प्रदेशाचे दोन वेळा प्रचंड प्रमाणात भूशास्त्रीय संकोचन झाले. पहिले संकोचन ४५०-५०० दशालक्ष वर्षांपूर्वी घडले, त्यामुळे हिमालयाचा पाया तयार झाला, तर पृथ्वीवरील सर्वात उंच पर्वतं निर्माण करण्यास कारणीभूत ठरलेले दुसरे संकोचन केवळ १५ दशलक्ष वर्षांपूर्वीच घडून आले.

रेडिओ-कार्बन, युरेनिअम-हिलिअम, युरेनिअम-शिसे, पोटॅशिअम-अरगॉन आणि इतर पद्धतींनी सुद्धा खडकांचे वय निश्चित करता येते. परंतु अधिक काल-मापनाकरता मात्र रुबीडिअम-स्ट्रॉंशिअम घड्याळच सर्वोत्तम ठरते.

रुबीडिअममुळे पृथ्वीचे अंदाजे वय निश्चित करता येते. पण मानवाला

रुबीडिअम केव्हा माहीत झाले? या प्रश्नाला मात्र निश्चित उत्तर नाही.

१८६१ मध्ये रसायनज्ञ रॉबर्ट बुनसेन व भौतिकतज्ज्ञ गुस्ताव किरचॉफ या दोन महान जर्मन शास्त्रज्ञांनी रुबीडिअमचा शोध लावला. हा शोध लावण्यापूर्वी १८५९ मध्ये त्यांनी वर्णपटीय विश्लेषण पद्धत विकसित केली व त्यानंतर एक वर्षाने सिशिअमचा शोध लागला. विविध खनिजांचे वर्णपटीय निरीक्षण करत असतानाच सॅक्सनी भागात सापडलेल्या लपिडोलाईट खनिजामध्ये त्यांना अपरिचित अशा दोन लाल रंगी रेषा दिसल्या. खनिजामध्ये नवीन मूलद्रव्य असल्याचीच ती खूण होती. त्यांनी मूलद्रव्याला रुबीडिअम ('गडद लाल' या अर्थाचा लॅटिन शब्द रुबिडिअस वरून) नाव दिले. रुबी (लाल माणिक) या मौल्यवान खड्याशी मिळते-जुळते असेच हे नाव आहे. पण, माणिक हे खरोखरीच लाल रंगाचे असते, तर रुबीडिअम इतर बहुतेक धातूंप्रमाणे रुपेरी-पांढऱ्या रंगाचे असते. ते अतिशय हलके (मॅग्नेशिअमपेक्षा) व मेणासारखे मऊ आहे. उष्ण हवामानाच्या प्रदेशात त्याचा टिकाव लागत नाही. त्याचा विलय बिंदू ३८.९° सें. ग्रे. असून दक्षिणेकडील प्रदेशात तर तुमच्या डोळ्यादेखत ते वितळेल. रुबीडिअमची थोडक्यात हकिकत संपविण्यापूर्वी त्याचे अजून एक वैशिष्ट्य सांगितले पाहिजे – रुबीडिअमच्या वाफेच्या सान्निध्यात ज्वालकाच्या ज्योतीला बैंगणी रंगाची छटा प्राप्त होते.

१८६३ मध्ये बुनसेनने सर्वप्रथम धात्विक रुबीडिअम मिळविले. हे काम महा कठीण होते. या रसायनज्ञाने स्काव्हारर्झवाल्ड येथील ४० घनमीटर खनिज-पाणी असलेल्या सरोवराचे बाष्पीभवन केले. या पाण्यात सुद्धा नवीन मूलद्रव्य आढळले होते. पण ही केवळ सुरुवात होती. बाष्पीभवनामुळे संहत झालेल्या पाण्यात पोटॅशिअम, सिशिअम आणि रुबीडिअमच्या प्लॅटिनोक्लोराइड संयुगांचे अवक्षेप मिळाले. या "वेगळे न होणाऱ्या" तीन संयुगांना वेगळे करणे आवश्यक होते. बुनसेनने आंशिक स्फटिकीकरण पद्धत वापरून सर्वप्रथम पोटॅशिअम वेगळे केले. सिशिअम आणि रुबीडिअम अलग अलग करणे यापेक्षाही कठीण काम होते. परंतु या कामातसुद्धा बुनसेन यशस्वी झाला. रुबीडिअमच्या आम्लधर्मीय टार्टरेट संयुगाचे कार्बनच्या साहाय्याने क्षपण करून त्याने धात्विक रुबीडिअम मिळविले.

पंचवीस वर्षानंतर प्रख्यात रशियन रसायनज्ञ निकोलाय बेकेतोवने सुचविले की रुबीडिअम हायड्रोक्साइडचे ॲल्युमिनिअम चूर्णाबरोबर क्षपण केल्यास रुबीडिअम मिळू शकते. त्याने यासाठी लोखंडाचा सिलिंडर वापरला, त्यास वायूवाहक नळी जोडून पुढे काचेचा शीतक बसविला. गॅस बर्नरवर सिलिंडर तापविताच प्रक्षुब्ध अभिक्रिया सुरू होऊन हायड्रोजन व रुबीडिअमचे संप्लवन झाले. बेकेतोव लिहितो "संप्लवन होताच रुबिडिअम पाऱ्याप्रमाणे घसरत शीतकामध्ये जमा होते. शीतकामध्ये हायड्रोजन असून सुद्धा त्याची

धात्विक चमक कायम राहते." सध्या, निर्वात प्रदेशात, ७००-८००° सें. ग्रे. तपमानात धात्विक कॅलशिअमच्या साहाय्याने रुबीडिअम क्लोराइडवर प्रक्रिया करून रुबीडिअम "खणले" जाते.

रुबीडिअम संयुगांपासून रुबीडिअमचे निष्कर्षण करणे जितके अवघड त्याहीपेक्षा त्याचा साठा करणे अवघड आहे. निर्वात केलेल्या अथवा निष्क्रिय वायूने भरलेल्या खास प्रकारच्या काचेच्या नळीत "ताजा" धातू ताबडतोब बंद केला जातो. कधी कधी रुबीडिअमचा "तुरुंग" धात्विक चंबूपासून तयार केलेला असतो, व त्यात निर्जल केरोसिन व पॅरॅफिन तेल भरलेले असते. केवळ या स्थितीतच हा धातू व्यवस्थित राहील याची खात्री देता येते. पण इतकी काळजी कशासाठी?

"कैद्याच्या" "असभ्य" वर्तनामुळे इतकी काळजी घेणे भाग पडते. "कस्टडी"मधून रुबीडिअमला बाहेर काढणे म्हणजे बाटलीत बंद केलेल्या दुष्ट राक्षसाला मोकाट सोडण्यासारखे होईल. धातूंमध्ये, क्रियाशीलतेत "वडील बंधू" सिशिअमनंतर रुबीडिअमचाच क्रमांक लागतो. एकदा का रुबीडिअम मोकाट सुटले – म्हणजेच त्याचा हवेशी संबंध आला – की ते ताबडतोब पेट घेते व साधारण गुलाबी रंगाच्या ज्योतीत जळू लागते, आणि पिवळसर रंगाच्या रुबीडिअम सुपर ऑक्साइडमध्ये त्याचे रूपांतर होते. ही 'आग' पाण्याने मुळीच विझवू नका! रुबीडिअम पाण्याबरोबर अधिक उग्रतेने व स्फोटकपणे संयोग पावते. परिणामी, ऑक्सिजनपासून मुक्त झालेल्या हायड्रोजनचा त्वरित भडका उडतो व परिस्थिती 'गंभीर' होते. शिवाय, पाण्याची भौतिक स्थिती कोणतीही असो, रुबीडिअम त्याला मुळीच जुमानत नाही. बर्फाबरोबर सुद्धा तितक्याच उग्रतेने ते संयोग पावते. खाणकामगाराच्या हातोड्याप्रमाणे बर्फाच्या स्फटिकांमध्ये ते खोलवर मुसंडी मारते. फक्त अतिशय थंड हिमतुषारात (–१०८° सें. ग्रे) हा 'भांडखोर' धातू शांत होतो. या अभिक्रियेतून तयार होणारा पदार्थ – रुबीडिअम हायड्रोक्साईड – सुद्धा त्याचा तापट स्वभाव दाखविण्यास उत्सुक असतो. रुबीडिअम हायड्रोक्साईड काचेच्या भांड्यात ठेवले असता भांडे लवकरच नष्ट होते. उच्च तपमानात (३००° सें. ग्रे. किंवा अधिक) रुबीडिअममुळे काचेची झीज होऊन ऑक्साइड व

सिलिकेट संयुगांपासून सिलिकॉन हा काचेतील घटक अगदी "निर्लज्जपणे" बाजूला काढला जातो. म्हणूनच स्वतःचे रक्षण करू शकणाऱ्या खास प्रकारच्या काचेच्या नळ्यांमध्येच रुबीडिअम "अच्छादित" करावे लागते.

रुबीडिअमच्या उग्र स्वभावास त्याच्या अणूंची संरचना कारणीभूत आहे. इतर अल्क धातूंप्रमाणेच रुबीडिअम अणूच्या सर्वात बाहेरील कवचामध्ये एकच इलेक्ट्रॉन आहे. लिथीअम, सोडिअम, पोटॅशिअम या मूलद्रव्यांच्या अणूंमधील इलेक्ट्रॉनपेक्षा रुबीडिअममधील हा इलेक्ट्रॉन केंद्रकापासून अधिक दूर आहे. परिणामी, इतर पदार्थांचे अणू त्याला ताबडतोब गिळंकृत करतात. (फक्त सिशिअमचे अणू यापेक्षाही अधिक सुलभतेने इलेक्ट्रॉन प्रदान करतात.)

केवळ प्रकाशाच्या परिणामाने सुद्धा रुबीडिअममधील इलेक्ट्रॉन बाहेर खेचले जातात. प्रकाशपरिणामाचा हा गुणधर्म अनेक धातूंमध्ये प्रत्ययास येतो पण रुबीडिअम आणि सिशिअम बरोबर त्यांची तुलना होऊच शकत नाही. प्रकाश-परिणाम गुणधर्माचा विचार केल्यास सिशिअम "राजा" आहे. प्रकाश-घट व इतर प्रकाश-विद्युत उपकरणात त्याचा वापर होतो हे खरे असले तरी नजिकच्या काळात या राजाला सिंहासनावरून रुबीडिअम नक्कीच पदच्यूत करेल असे वाटते: सिशिअमपेक्षा निसर्गामध्ये रुबीडिअमचा साठा पन्नास पट अधिक आहे. आणि आज ना उद्या रुबीडिअमला याचा फायदा होईल. वर्णपटा-च्या नीलातीत प्रदेशात रुबीडिअमचे काही मिश्रधातू (उदाहरणार्थ, टेल्यु-रिअमबरोबर) सर्वाधिक प्रकाश-संवेदनशील असून सिशिअमच्या संबंधित मिश्र-धातूंपेक्षा ते वरचढ ठरतात. प्रकाश-ऋणाग्राकरता पदार्थाची निवड करताना कधी कधी ही बाब अत्यंत महत्त्वाची ठरते.

रुबीडिअमच्या उपयोगाचे आणखी एक क्षेत्र म्हणजे कार्बनी रसायनशास्त्र.

येथे, रुबीडिअमचे क्षार उत्प्रेरक म्हणून वापरण्यात येतात. संश्लेषित तेल तयार करण्यासाठी रुबीडिअम कार्बोनेट ५० वर्षापूर्वी सुद्धा उत्प्रेरक म्हणून वापरण्यात येत होते. सध्या मेथॅनॉल आणि उच्च अल्कोहोल, तसेच संश्लेषित रबर तयार करण्याकरता वापरले जाणारे स्टायरीन आणि ब्यूटाडाएन यांच्या उत्पादनात रुबीडिअम कार्बोनेट अत्यावश्यक ठरले आहे. अगदी नजिकच्या काळात, हायड्रोजनकरण, निःहायड्रोजनकरण, बहुवारिकीकरण आणि इतर कार्बनी संश्लेषक प्रक्रियांकरता रुबीडिअम उत्प्रेरक विकसित करण्यात आले आहेत. सोडिअम आणि पोटॅशिअम संयुगांच्या उत्प्रेरकांपेक्षा रुबीडिअम उत्प्रेरकांच्या सान्निध्यात अभिक्रिया कमी तपमान आणि दाबावर घडून येतात. रुबीडिअम उत्प्रेरकांचा अजून एक फायदा असा की गंधकाचा त्यांच्यावर काहीच परिणाम होत नाही. परंतु इतर उत्प्रेरकांचा मात्र गंधक हा शत्रू आहे.

अमेरिकन रसायनज्ञांनी असे सिद्ध केले आहे की कार्बनच्या ऑक्सिडीकरणात रुबीडिअम टार्टरेटचा उत्प्रेरकासारखा उपयोग होऊन अभिक्रियेचे तपमान बरेच कमी होते. "खूपच मोठी गोष्ट साध्य झाल्याचे" आपणास वाटेल. पण हे तर काहीच नाही. विमान क्षेत्रात नवीन प्रकारच्या इंधनाच्या शोधात असलेल्या शास्त्रज्ञांची सुद्धा रुबीडिअमवर नजर आहे. आणि त्याकरता सबळ कारण सुद्धा आहे.

काही रुबीडिअम संयुगांना अर्धवाहकतेचा गुणधर्म प्राप्त झालेला आहे,

तर काही संयुगांमध्ये दाब-विद्युत गुण-धर्म आढळतो. या गुणधर्मांनी शास्त्रज्ञ व अभियंत्यांना फारच आकर्षित केले आहे.

आतापर्यंतच्या विवेचनात आपण फक्त रुबीडिअमच्या क्षमतेचाच विचार केला. आधुनिक तंत्रविज्ञानात त्याचा काय उपयोग होतो याबद्दल काहीच माहिती आपण पाहिली नाही. लोह, ॲल्युमिनिअम, तांबे व टिटॅनिअम या धातूंप्रमाणे रुबीडिअमचे महत्त्व नाही. रुबीडिअमचे उत्पादनच याचे स्पष्टीकरण देऊ शकेल – सर्व देशांमधील रुबीडिअमचे एकत्रित उत्पादन केवळ काही किलोग्रॅम एवढेच भरेल. म्हणूनच, आंतरराष्ट्रीय बाजारपेठेत रुबीडिअमची किंमत भरमसाठ आहे.

रुबीडिअमचे जे उपयोग आपण पाहिले त्या व्यतिरिक्त विश्लेषणात्मक रसायनशास्त्रात मॅंगेनीज, झिर्कोनिअम आणि अभिजात धातूंकरता अभिकारक म्हणून रुबीडिअम संयुगांचा उपयोग होतो. झोपेची औषधे, शामक औषधे आणि अपस्मारांवरील औषधांमध्ये सुद्धा रुबीडिअम संयुगे आढळतात. अवरक्त किरण आरपार जाण्याकरता जे खास प्रकारचे प्रकाशीय पदार्थ असतात त्यांचा एक घटक म्हणून रुबीडिअम संयुगे वापरण्यात येतात. प्रकाशमान दिवे, चित्रे आणि इतर ऋण किरण-नलिकांच्या उत्पादनात त्यांचे महत्त्व आहे. काही निर्वात उपकरणांमध्ये रुबीडिअम वायू-शोषकाची भूमिका बजावते तर चुंबक-त्वमापी व काल आणि कंप्रता मापकात क्रियाशील समजल्या जाणाऱ्या पदार्था-मध्ये रुबीडिअम हमखास असते.

पश्चिम जर्मनीतील एका विद्युत-अभियांत्रिकी उद्योगाने, अनेक युरोपीय शहरांमधील मनोऱ्यांची शोभा वाढविणाऱ्या घड्याळांचे कार्य नियंत्रित करण्यासाठी रुबीडिअम साधने तयार केली. या घड्याळांचे ठोके नादमधुर असले तरी त्यांच्यामधील मध्ययुगीन काळात बसविलेली यंत्रणा टेबलावरील घड्याळां-प्रमाणे खात्रीशीर नव्हती. रुबीडिअमवर आधारीत नवे साधन – आण्विक कंप्रता प्रमाण – या घड्याळात बसविल्यामुळे घड्याळाची उच्च अचूकता (२४ तासांमध्ये कित्येक शतांश सेकंदापर्यंत) साधता येते.

आण्विक भौतिकशास्त्र, लेसर अभियांत्रिकी आणि अवकाश-वैमानिकी या क्षेत्रात तर यापेक्षाही अधिक अचूकतेची गरज भासते. काही ठिकाणी तर

कालमापनातील फरक चोवीस तासांमध्ये एक दशलक्षांश सेकंदापेक्षा कमी-जास्त असता कामा नये. एवढी अचूकता दाखविणारे रुबीडिअम समस्थानिकावर आधारीत एक अणू-घड्याळ सोविएत संघामध्ये तयार केले गेले आहे. या मागील तत्त्व असे की, रासायनिक मूलद्रव्यांचे अणू ठराविक कंपनसंख्या असलेली ऊर्जा प्रसारित करतात अथवा शोषून घेतात. प्रत्येक मूलद्रव्याकरिता ही कंपनसंख्या ठरलेली असते व ती मूलद्रव्याच्या आण्विक रचनेवर अवलंबून असते. म्हणूनच, इतर कोणत्याही घड्याळापेक्षा – अगदी क्वार्टझ्-स्फटिक घड्याळापेक्षा – अणू घड्याळ केव्हाही उजवे ठरते. क्वार्टझ् घड्याळांमध्ये, क्वार्टझ् चकतीची स्थितीस्थापक कंपने लंबकाची भूमिका बजावतात. अणू घड्याळे इतकी अचूक असतात की समजा एखादे घड्याळ इसवी सनाच्या सुरुवातीला लावले असेल तर आजपर्यंत ते फक्त एक सेकंदच पुढे किंवा मागे जाईल.

येत्या काही वर्षांमध्ये रुबीडिअमचे उपयोग बरेच वाढलेले असतील. याचा अर्थ असा की त्याचे उत्पादन सुद्धा वाढले असणार. रुबीडिअमचे नैसर्गिक साठे पुरेसे असून क्रोमिअम, जस्त, निकेल, तांबे आणि शिशाच्या साठ्यांपेक्षा ते अधिक आहेत.

रुबीडिअम हे दुर्मिळ मूलद्रव्य असल्यामुळे त्याच्या उत्पादनात काही अडचणी नक्कीच निर्माण होतात – अनेक पर्वत खडकांमध्ये रुबीडिअम सापडत असले तरी त्यास स्वतःची खनिजे नाहीत, मग मोठ्या साठ्यांची गोष्टच नको. विस्तृतपणे विखुरलेल्या अल्क धातूंबरोबर रुबीडिअम आढळते व पोटॅशिअमपासून ते अलग करणे अशक्यच. यापूर्वी उल्लेख केलेल्या लेपिडोलाईट खनिजाव्यतिरिक्त ते कार्नलाइट खनिजात अत्यंत अल्प प्रमाणात (एक शतांश ते एक दशांश टक्के) आढळते. या खनिजामधून इतर मूलद्रव्यांबरोबरच त्याचे निष्कर्षण करावे लागते. कार्नलाइट खनिजांचे साठे जवळजवळ न संपणारे असल्यामुळे रुबीडिअमच्या निष्कर्षणासाठी हेच खनिज होतकरू म्हटले पाहिजे.

१५ व्या शतकात उरालच्या घनदाट जंगलामध्ये सोल कामस्काया (कामा नदीतील क्षार) नावाचे एक गाव उदयास आले. आज हे गाव सोलीकामस्क म्हणून ओळखले जाते व रासायनिक उद्योगांचे ते एक प्रमुख केंद्र बनले आहे. या प्रदेशातच कार्नलाइट सिल्व्हिनाइट आणि इतर पोटॅशिअम क्षारांचे विपुल साठे आहेत. सिल्व्हिनाइट खनिज संगमरवराप्रमाणे दिसते व पांढऱ्या, स्वच्छ फिकट गुलाबी, लाल, पिवळसर व गडद निळ्या रंगांमध्ये ते आढळते. या खनिजाची (पोटॅशिअम क्लोराइड) सोडिअम क्लोराइडच्या (खाण्याचे मीठ) रंगहीन व पारदर्शक स्फटिकांबरोबर सरमिसळ झालेली असते. सोडिअम क्लोराइड कधी कधी काळ्या रंगाच्या घनाकृती स्वरूपात सुद्धा असते. मीठाला काळा रंग कसा प्राप्त होतो? हे काळे स्फटिक म्हणजे रुबीडिअम-८७ या

किरणोत्सारी समस्थानिकाचे जणू "परिचय-पत्र"च आहेत. या समस्थानिकांमुळे कधीकाळी सोडिअम क्लोराइड वर किरणीयन झालेले असते.

महासागर, समुद्र, आणि सरोवरांच्या पाण्यात रुबीडिअमचे क्षार असतात. काळया समुद्रावरील प्रसिद्ध ओडेसा सरोवरात हे क्षार खूप प्रमाणात विरघळलेले आहेत, पण कास्पिअन समुद्रामध्ये त्यांचे प्रमाण याहून जास्त आहे. अनेक प्रकारच्या वनस्पतींमध्ये, सागरी-शैवाल. तंबाखू, चहाची पाने, कॉफी बिया, ऊस, बीटाचे कंद, द्राक्षे आणि सायट्रस वर्गातील फळांमध्ये रुबीडिअम अत्यल्प प्रमाणात आढळते.

रुबीडिअमची कथा एक विनोद सांगून संपवित आहोत. काही वर्षांपूर्वी वर्तमानपत्रातील एका प्रसिद्ध लेखाचे शीर्षक होते: "तुमच्या पतीचे रक्षण करा!" सोविएत विश्वकोशात नमूद केल्याप्रमाणे स्त्रियांनी पतीराजाचे केवळ रक्षणच नव्हे तर त्यांचे जतन केले पाहिजे, कारण पुरुषांच्या रक्तात स्त्रियांच्या रक्तापेक्षा अधिक (अनुक्रमे ०.०००३२ व ०.०००२८ टक्के) रुबीडिअम असते.

Sr

बंगाली धर्मगुरूंचे गुपित
(स्ट्रॉंशिअम)

कोसॅक जमातीचे लोक आजारी का पडले? – इतिहासप्रसिद्ध खेडे – ताबडतोब निष्कर्ष काढा! – बंगाली धर्मगुरुंचा एकाधिकार – आकाशातील चमचमाट – एक "गोड" काम – स्ट्रॉंशिअमचे बहुविध व्यवसाय – बिकिनीवरील स्फोट – धोकादायक व्हायरस – उज्ज्वल भवितव्य – घड्याळात स्ट्रॉंशिअमचा उपयोग – अती उत्तरेकडील बेटावर – ट्रिस्टानला जलसमाधी – जादूमय जनित्र – क्षुल्लक कामे – विणगीशिवाय – निळे स्फटिक – किनाऱ्याजवळील उथळ जागेत – भूतकाळात – निसर्गाला घाई नाही

मागील शतकात सैबेरियातील बैकाल सरोवरापलीकडील प्रदेशात राहणाऱ्या कोसॅक जमातीच्या लोकांनी आर्गून नदीची उपनदी असणाऱ्या युरोव नदीच्या प्रदेशात स्थलांतर केले. येथे शेतीकरता उत्तम जमीन व चांगले हवामान होते. परंतु त्यांच्या नशीबात मात्र दुर्दैव लिहिले होते. काही वर्षातच त्यांना एका रोगाने ग्रासले. या रोगामुळे होणाऱ्या आत्यंतिक वेदनांमुळे त्यांचे शरीर अगदी पिळून निघाले. डॉक्टर लोकांनी तेथे अनेक वेळा भेट दिली, पण रोगाचे निदान झाले नाही. सांप्रत काळातच, सोविएत शास्त्र अकादमीने काढलेल्या जीव-, भू-, व रसायनशास्त्रीय मोहीमांमुळेच लक्षात आले की रोगाची लागण होण्यास स्ट्रॉंशिअम कारणीभूत होते. तेथील पाण्यामध्ये स्ट्रॉंशिअमचे प्रमाण बरेच होते.

नवीन पाहुण्यांचे असे प्रतिकूल स्वागत करणारे हे विश्वासघातकी मूलद्रव्य कोणते? १८ व्या शतकाच्या अखेरीस स्ट्रॉंशिअमचा शोध लागला. स्कॉटलंडमधील स्ट्रॉंशिअन या छोट्या खेड्याच्या नावावरूनच हे नाव पडले (नव्हे स्ट्रॉंशिअममुळेच हे एकाकी खेडे रसायनशास्त्राच्या इतिहासात अजरामर झाले असे म्हणणे अधिक उचित ठरेल). १७८७ मध्ये या खेड्याजवळच एक दुर्मिळ खनिज सापडले. या खनिजाचे स्ट्रॉंशिअनाइट असे नामकरण करण्यात आले. ज्या शास्त्रज्ञांना या खनिजात स्वारस्य निर्माण झाले त्यामध्ये ब्रिटिश रसायनज्ञ, क्रॉफर्ड आणि होप तसेच जर्मन रसायनज्ञ क्लॅपरॉथ हे सुद्धा होते. या खनिजामध्ये एका अज्ञात धातूची 'मृत्तिका' (ऑक्साइड) असल्याचे त्यांच्या अभ्यासावरून दिसून आले.

या संबंधी आणखी नवीन माहिती लवकरच उजेडात आली. या खनिजामध्ये नवीन मूलद्रव्य असल्याचा भक्कम पुरावा १७९२ मध्ये होपने सदर केला. या मूलद्रव्याला स्ट्रॉंशिअम असे नाव देण्यात आले (१९ व्या शतकाच्या प्रारंभीच्या रशियन साहित्यात स्ट्रॉंटि, स्ट्रॉंशिअन, स्ट्रॉंशियान अशी इतर नावे सुद्धा आढळतात).

रशियन रसायनज्ञ टी. लोविटझ् सुद्धा स्ट्रॉंशिअमच्या जनकांपैकी एक होता. १७९२ मध्ये त्याने बराइट खनिजात "स्ट्रॉंशिअन मृत्तिका" शोधली. अचूकतेवर भर असल्यामुळे त्याने "पाऊल उचलण्यापूर्वी पुढे पहा" हे तत्त्व अंगिकारले व निष्कर्ष जाहीर करण्यापूर्वी अनेक प्रयोग सुरू केले. प्रयोग पूर्ण केल्यावर "जड स्पारमधील स्ट्रॉंशिअम मृत्तिके"वर लेख प्रसिद्ध करण्याची वेळ आली. पण तोपर्यंत "पाऊल उचलण्यास" फार उशीर झालेला होता. होप, क्लॅपरॉथ आणि इतर शास्त्रज्ञांनी लावलेल्या शोधांचे वृत्त असलेली रसायनशास्त्रावरील नियतकालिके रशियात केव्हाच पोचलेली होती. अति सावधपणा सुद्धा कधी कधी फायदेशीर ठरत नाही.

काही वर्षांनी १८०८ मध्ये ब्रिटिश शास्त्रज्ञ सर एच. डेव्ही यांनी हलके (ॲल्युमिनिअमपेक्षा अधिक हलके) व रूपेरी रंगाचे स्ट्रॉंशिअम अलग केले. परंतु स्ट्रॉंशिअमची रासायनिक संयुगे मानवाला त्याआधी अनेक वर्षांपासून माहीत होती.

प्राचीन भारतातील नोंदींवरून असे दिसते की, केव्हा केव्हा अंधारमय देवळांमध्ये एक लाल रंगाचा रहस्यमय प्रकाश चमकत असे. या प्रकाशामुळे भाविकांच्या मनामध्ये घबराट निर्माण होत असे. सर्वशानी बुद्धदेवाचा यामध्ये अजिबात हात नव्हता. खरे कारनामे त्याच्या सच्च्या सेवकांचे – धर्मगुरुंचे – होते. हातावर हात घासताच भाविकांचे आश्चर्यचकित चेहरे पाहताना त्यांना मनापासून आनंद होई. ही किमया साध्य करण्याकरता ते स्ट्रॉंशिअमचे क्षार, गंधक, कोळसा आणि बर्थेलॉटचे क्षार एकत्र करून त्याच्या लहान लहान गोळ्या अथवा शंकू तयार करत. त्यांना पाहिजे तेव्हा गुपचूप या गोळ्या ते पेटवित असत. बंगाली पुरोहितांना या मिश्रणाचा कदाचित "एकाधिकार"

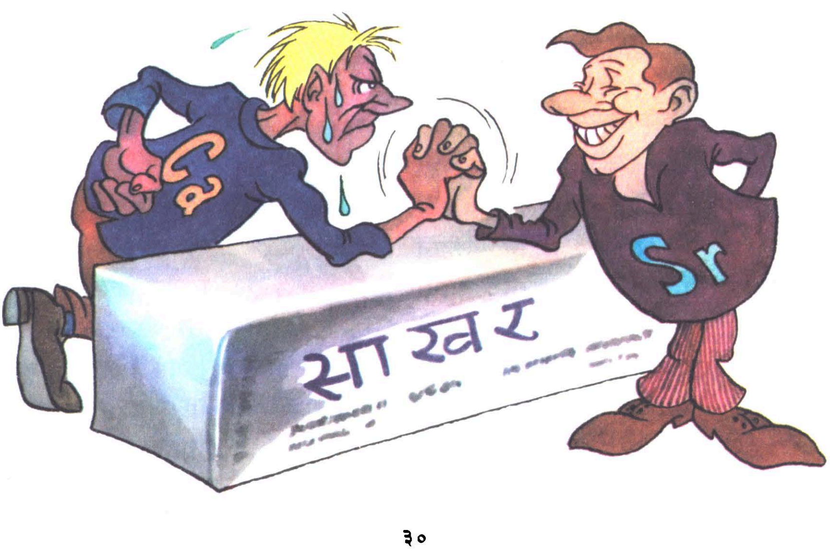
मिळाला असावा, कारण "बंगाली प्रकाश" हे नाव अतिप्राचीन काळापासून प्रचलित आहे.

स्ट्रॉंशिअमची बाष्पनशील संयुगे अतिशय उज्ज्वल अशा लाल रंगात जळतात. शोभेच्या दारूकामामध्ये या गुणधर्माचा उपयोग युगेन्‌युगे करण्यात येत आहे. पहिला पीटर आणि दुसऱ्या कॅथेरिनच्या काळात प्रत्येक महत्त्वाच्या दिवशी "कृत्रिम आग" हा प्रकार अगदी हमखास असावयाचा. आजसुद्धा, सुट्टीच्या दिवशी आकाशात उधळण्यात येणाऱ्या लाल, हिरव्या आणि पिवळया रंगाच्या प्रकाशामागचे मूळ कारण स्ट्रॉंशिअमच आहे.

पण फक्त करमणूकीसाठीच या "लाल-प्रकाशी धातू"चे आतषबाजीमधील कसब अत्यावश्यक ठरते असे नाही. भर समुद्रात संकटग्रस्त जहाजांमधून सोडलेल्या स्ट्रॉंशिअमवर आधारित प्रकाश-सूचनांनी सुटका करणाऱ्या बोटींना मार्ग दाखवून आजपर्यंत कितीतरी जीव वाचविले असतील.

'लाल रंग देणे' हाच स्ट्रॉंशिअमचा बराच काळ एकमेव उपयोग होता. गतशतकाच्या अखेरीस रसायनशास्त्रज्ञांना आढळून आले की साखर शुद्धी-करणाच्या कामी, स्ट्रॉंशिअम उत्कृष्ट आहे, कारण त्यामुळे काकवीपासून साखरेचा उतारा वाढतो. काही वर्षांनंतर मात्र स्वस्त अशा कॅलशिअमने स्ट्रॉंशिअमकडून हे "गोड काम" हिसकावून घेतले. पण गंमत अशी की अलीकडे स्ट्रॉंशिअमला हे काम पुन्हा देण्याबाबत गंभीरपणे विचार होत आहे, कारण त्यामुळे साखरेच्या उत्पादनात वीस टक्क्यांनी वाढ होईल.

ज्या ज्या क्षेत्रात स्ट्रॉंशिअमचा कमी-अधिक यशस्वी उपयोग होतो त्याची एक लांबलचक यादी होईल. धातुशास्त्रामध्ये वायू आणि धोकादायक अशुद्ध द्रव्यांपासून पोलाद शुद्ध करण्याकरता स्ट्रॉंशिअमचा उपयोग झाला. चकचकीत



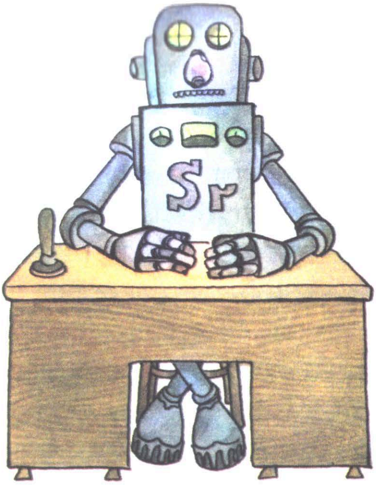
वस्तूंच्या उत्पादनात शिशाची विषारी संयुगे वापरण्यात येत होती. या संयुगांना हुसकावून लावण्यास स्ट्रॉंशिअमची मदत झाली.

काच तंतू व खास प्रकारच्या काचा तयार करताना काही अतिमहाग पदार्थांऐवजी स्ट्रॉंशिअमची ऑक्साइड संयुगे वापरण्यात आली. स्ट्रॉंशिअम टायटॅनेटचे पैलू पाडलेले संश्लेषित स्फटिक प्रकाश-परावर्तन आणि चकाकी याबाबत हिऱ्यांशी बरोबरी करतात. पोर्टलॅंड सीमेंटमध्ये स्ट्रॉंशिअम मिसळले असता सीमेंटची ओलसरपणाविरुद्ध तग धरण्याची क्षमता वाढते. पाण्याशी संबंध येणाऱ्या बांधकामामध्ये ही बाब अत्यंत महत्त्वाची ठरते. इलेक्ट्रॉनिक्सच्या क्षेत्रात इलेक्ट्रॉन नलिकांमधील ऋणाग्रांचे ऑक्सिडीकरण करण्याकरता, आणि पराविद्युत व फेरोविद्युत-पदार्थांमध्ये वायू-शोषक म्हणून स्ट्रॉंशिअमचा उपयोग होतो. फॉस्फर पदार्थ, घराला द्यावयाचे अत्यंत टिकावू रंग आणि वंगणांमध्ये स्ट्रॉंशिअम संयुगांचा अंतर्भाव होतो. रुबीडिअम आणि स्ट्रॉंशिअमच्या समस्थानिकांमुळे इतिहासपूर्वकालीन पर्वत-खडकांचे वय पुष्कळ अचूकपणे वर्तविता येते. (मागील प्रकरणात यासंबंधी अधिक माहिती आपण पाहिलेली आहेच).

मूलद्रव्य क्र. ३८ ला बरेच काम मिळाल्याचे वरील विवेचनावरून स्पष्ट होते. तरी सुद्धा, वर उल्लेखिलेले उपयोग म्हणजे स्ट्रॉंशिअमच्या इतिहासातील केवळ तुरळक घटना आहेत. स्ट्रॉंशिअमचे महत्त्वाचे पैलू पाहण्यापूर्वी एका महत्त्वाच्या घटनेचे विश्लेषण करू. या घटनेने जागतिक वृत्तपत्रक्षेत्राचे लक्ष वेधून घेतले होते –

मार्च १९५४ मध्ये दक्षिण पॅसिफिक महासागरातील बिकिनी द्वीपकल्पावर आळंब्याच्या आकाराचा एक अति प्रचंड ढग निर्माण झाला. अमेरिकेने केलेल्या हायड्रोजन बॉंब स्फोटाची ती खूण होती. काही तासांनंतर, किरणोत्मारी उत्सर्जनातून, करड्या-पांढऱ्या रंगाचे तुकडे केंद्रबिंदूपासून १५० कि. मी. अंतरावर उभ्या असलेल्या जपानी मच्छिमारी बोटीवर पडू लागले. मच्छिमार लोकांनी काम थांबवून लगेच घराकडे प्रस्थान केले. पण त्यांना फार उशीर झाला होता, ते परत येतात न येतात तोच त्यांचा एक सहकारी मरण पावला, तर इतर मच्छिमार प्रारणाच्या प्रादुर्भावामुळे आजारी पडले. किरणोत्सारी ऱ्हासामध्ये निर्माण झालेल्या अनेक किरणोत्सारी समस्थानिकांमध्ये स्ट्रॉंशिअम-९० चे समस्थानिक सुद्धा तयार झाले होते. मच्छिमारांच्या आजाराला हा "व्हायरस" प्रामुख्याने कारणीभूत होता.

बिकिनीसारख्या स्फोटात केंद्रकीय विखंडनामुळे तयार होणाऱ्या पदार्थांसह कित्येक दशलक्ष टन वजनाची माती आणि दगड आकाशात भिरकाविले जातात. या पदार्थांपैकी सर्वात विषारी आणि म्हणूनच सर्वात घातक पदार्थ कोणता असेल तर तो स्ट्रॉंशिअम-९०. हे पदार्थ लवकरच समुद्र आणि भू-प्रदेशावर जमा होतात. भाज्या, फळे, पिण्याचे पाणी आणि प्रदूषित झालेले गवत



खाणाऱ्या जनावरांचे दूध आणि मांस यामधून त्यांचा मानवी शरीरात शिरकाव होतो. हा समस्थानिक मानवी जीवांमध्ये जमा होताच त्याच्या किरणोत्सारामुळे अस्थिमज्जा, ऊतकांवर आणि रक्तावर परिणाम होतो.

अणूबाँब आणि हायड्रोजन बाँबच्या चाचण्या पूर्णपणे बंद व्हाव्यात म्हणून मानवाने कोणतेच पाऊल उचललेले नाही. वातावरणातील बाह्य-अवकाशातील आणि पाण्याखालील आण्विक चाचण्या बंद करण्यासाठी १९६३ मध्ये मॉस्को येथे लाखो लाखो लोकांनी एक आंतरराष्ट्रीय तह उत्स्फूर्तपणे संमत केला. पण म्हणून किरणोत्सारी स्ट्राँशिअमचा मानवाशी संबंध संपला असा अर्थ नव्हे. अणूशक्तीचा विज्ञान आणि अभियांत्रिकीमध्ये शांततामय उपयोग करण्यास भरपूर वाव आहे. या क्षेत्रात स्ट्राँशिअमचे अमर्याद उपयोग आहेत.

किरणोत्सारी स्ट्राँशिअमचा उपयोग अवकाश-याने व कृत्रिम उपग्रहांवरील अणू-घटामध्ये होतो. खूप ऊर्जा-संपन्न इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करण्याची क्षमता स्ट्राँशिअम-९० मध्ये असते. या इलेक्ट्रॉनपासूनच विद्युत-प्रवाह निर्माण होतो. आगपेटीपेक्षाही लहान असलेल्या बॅटरीमधील किरणोत्सारी स्ट्राँशिअमचे घट पुन:प्रभारण न करता १५ ते २० वर्षे सेवा देऊ शकतात.

टेलिफोन यंत्रणा व रेडिओ-अभियांत्रिकीमध्ये अणू-बॅटरीचा निश्चितच उपयोग होतो. मध्यंतरी, स्विस घड्याळ-निर्मात्यांनी विद्युत-घड्याळांमध्ये स्ट्राँशिअम बॅटरीचा यशस्वीपणे वापर केला.

वाळवंटे, ध्रुवप्रदेश आणि पर्वतांमधील स्वयंचलित हवामान केंद्रांना साध्या, परंतु खंडित न होणाऱ्या विद्युतऊर्जेची आवश्यकता असते. कॅनडामध्ये, उत्तरेकडील अतिदूर व निर्जन बेटावर, दोन ते तीन वर्षे लक्ष न देता अव्याहतपणे चालू शकेल असे एक आण्विक हवामान-केंद्र उभारण्यात आले आहे. या यंत्रणेकरता ऊर्जा पुरविण्याचे काम किरणोत्सारी स्ट्राँशिअम (केवळ ४०० ग्रॅम) वर सोपविण्यात आले आहे. शिशाच्या पडद्यामागे ठेवलेल्या स्ट्राँशिअमवर खास प्रकारच्या मिश्रधातूंचा तिहेरी थर देण्यात आला आहे. ही संपूर्ण यंत्रणा २.५ मीटर लांबी व ०.६५ मीटर व्यास आणि एक टन वजन असलेल्या पोलादी सिलिंडरमध्ये बंद करण्यात आली आहे.

स्ट्रॉंशिअम संबंधी एक औत्सुक्यपूर्ण घटना म्हणजे पश्चिम जर्मनीतील सीमेन्स कंपनीने तयार केलेली ट्रिस्टान ही ताप-विद्युत बॅटरी होय. खोल पाण्यात वापरावयाच्या संशोधन उपकरणांसाठी ही बॅटरी तयार केली गेली आहे. या बॅटरीचा आकार मोठा नसला तरी त्यामधील शिशाच्या जाड पड-द्यामुळे तिचे वजन १.४ टन भरते. लोकांचे आणि सागरी प्राण्यांचे किरणोत्सा-रापासून रक्षण करण्याचा हा खात्रीशीर उपाय आहे. अर्थात या बॅटरीनजिकची किरणोत्साराची पातळी अधिकतम मर्यादेच्या केवळ एक-पंचमांश आहे.

स्वयंचलित हवामान स्थानकांकरता स्ट्रॉंशिअमवर आधारित आणखी एक जनित्र सोविएत संघामध्ये विकसित करण्यात आले आहे. बीटा-सी असा त्याचा उल्लेख केला जातो. या केंद्राच्या दहा वर्षांच्या सेवाकालाची हमी देण्यात आली आहे. दर दोन वर्षांनी फक्त एकदा निरीक्षण करण्यापेक्षा त्याची अधिक देखभाल करावी लागत नाही. लिपझिग प्रदर्शनात या बॅटरीने सुवर्णपदक पटकावले. बैकाल पलीकडील प्रदेशात आणि सैबेरिअन तैगा प्रदेशातील ॠचिना नदीच्या वरच्या भागातील हवामान शास्त्रीय केंद्रामध्ये अशा प्रकारचे पहिले जनित्र बसविण्यात आले आहे.

किरणोत्सारी स्ट्रॉंशिअमवर आधारित उपकरणांची संख्या दिवसेंदिवस वाढत आहे. कागद, विणलेले कापड, धातूच्या पट्ट्या, प्लॅस्टिक फिल्म, रंग आणि वॉर्निश तयार करणाऱ्या उद्योगधंद्यांमध्ये जाडी मोजण्याकरता वापरली जाणारी उपकरणे, शिवाय घनता, विल्यंदता मोजणारी उपकरणे, दोष-शोधक साधने, किरणोत्सार नियंत्रक आणि इशारा देणाऱ्या यंत्रणेतील उपकरणांमध्ये स्ट्रॉंशिअमचा वापर होतो.

बाल्टिक समुद्रावरील तालिन बंदराच्या प्रवेशद्वारावरील लाल रंगी मेण-बत्तीप्रमाणे चमकणारे तालिन नामक आण्विक दीपस्तंभ सुद्धा स्ट्रॉंशिअम जनि-त्रावरच चालतात. यामध्ये, उष्णतेचे प्रकाशात रूपांतर होत असते. तालिन बंदरावर दीपगृहाची काळजी घेण्यासाठी मनुष्याची जरूर नाही हे लक्षात घ्या. त्यातील यंत्रणेचे वर्षातून ठराविक वेळा निरीक्षण करण्यात येते एवढेच.

अभियांत्रिकी कारखान्यांमध्ये यांत्रिक क्रिया करावयाचे कच्चे पदार्थ, त्यांची स्थिती, हत्यारांची सेवा-क्षमता इत्यादी "क्षुल्लक" गोष्टींवर नियंत्रण ठेवणारे बीटा-रिले आपण पाहतो. या रिलेचे कार्य अगदी साध्या तत्त्वावर आधारित आहे. बीटा किरणांना (इलेक्ट्रॉन अभिवाह) पारदर्शक अशी खिडकी असलेल्या शिशाच्या चंबूमध्ये स्ट्रॉंशिअमचा सूक्ष्म-प्रभार बंद करण्यात येते. या सूक्ष्म-प्रभारामधील किरणोत्साराची पातळी सुरक्षित पातळीपेक्षा २०० पट कमी असते. जोपर्यंत कच्चा पदार्थ किंवा हत्यार बीटा किरणांच्या "दृष्टि-पथात" असते, म्हणजेच, जोपर्यंत सर्व काही सुरळित असते तोपर्यंत रिले अक्रियाशील राहतो. परंतु समजा, एखादे हत्यार तुटले किंवा 'दृष्टी'च्या

बाहेर गेले, तर बीटा-किरणांचा स्त्रोत सरळ वायूवर आधारित धोक्याची सूचना देणाऱ्या यंत्रणेवर पडतो आणि रिले क्रियाशील होऊन संपूर्ण उत्पादन यंत्रणाबंद पडते. बहिर्गमनाच्या तावदानावरील इशारा देणारा दिवा लागतो आणि बिघाडाची निश्चित जागा निर्देशित करतो.

कागद, कापड, कृत्रिम धागे आणि प्लॅस्टिक उद्योगात घर्षणामुळे हजारो व्होल्ट दाबाचा विद्युत-प्रवाह निर्माण होतो. यातून निर्माण होणाऱ्या ठिणग्यांमुळे आगीचा धोका संभवितो. अगदी कालपर्यंत अशा धोक्यापासून सूचना मिळण्या-साठी नीलातीत अथवा क्ष-किरणांच्या साहाय्याने हवा आयनित करणारी अतिशय अवजड, गुंतागुंतीची आणि महाग उपकरणे वापरण्यात येत होती. सध्या त्यांची जागा स्ट्रॉंशिअमने घेतली आहे. या उपकरणांना उच्चदाबाच्या विद्युतसाधनांची जरूरी नसते. ही उपकरणे अत्यंत साधी, टिकावू व चालवि-ण्यास सोपी असतात. या उपकरणांमुळे यंत्र-मागांची क्षमता व उत्पादकता अनेक पटींनी वाढविणे शक्य झाले आहे. धागा वारंवार तुटण्यामुळे होणारी नासधूस आणि काम बंद पडण्याचे प्रमाण खूपच कमी झाले आहे.

स्ट्रॉंशिअमयुक्त खनिजे अगदी विरळ आहेत. फक्त स्ट्रॉंशिअनाइट आणि सेलेस्टाइन ही खनिजे कधी कधी बऱ्यापैकी प्रमाणात आढळतात. प्रख्यात सोविएत भू-रसायनज्ञ आणि खनिजतज्ज्ञ, ॲकादमीशिअन फर्समान यांनी पुढील शब्दात सेलेस्टीनचे वर्णन केले आहे – " ... नुकत्याच फोडलेल्या एका खडकात मला अचानक एक निळा स्फटिक दिसला. ते तर अस्सल सेलेस्टीन होते. सूर्य-प्रकाशात न्हालेल्या कॉर्नफ्लॉवर प्रमाणे आणि सीलोनी नीलमणी-सारखे सुईच्या आकारातील ते एक आश्चर्यकारक, पारदर्शक, निळे स्फटिक होते."

सेलेस्टिन फक्त निळया रंगातच आढळते असे नाही. कधी कधी फिके

जांभळे गुलाबी किंवा धूसर काळया रंगाचे स्फटिक पर्वत खडकांच्या पोकळीत आढळतात. हिरवट रंगाच्या स्फटिकांवर सल्फरने शोभिवंत झालेले स्फटिक-गुच्छ व पिवळया रंगाचे कण तर फारच सुंदर दिसतात.

निसर्गामध्ये सेलेस्टिन निरनिराळया प्रकारे तयार होते. ॲकादमिशिअन फर्समान यांचा पुन्हा एकदा उल्लेख करून त्यांच्याच शब्दात सेलेस्टिन तयार होण्याची पद्धत आपण पाहू:

"...पृथ्वीच्या उदयकाली, अब्जावधी वर्षांपूर्वी, ज्युरॅसिक समुद्राच्या लाटा कॉकेशस पर्वताच्या प्रचंड रांगांमधून खाली येत होत्या. त्यावेळी कॉकेशस पर्वत पाण्यातून वर येण्यास सुरुवात झाली होती...

"किनाऱ्यावरील उथळ भागात, खडकांवर असंख्य लहान लहान रेडिओलारिया नामक वनस्पतींची वस्ती होती. खडक, मोत्यांचे कालव, यांच्या समूहामध्ये आणि सागरीच्या सुयांवर सुद्धा ते आढळत. त्यांच्याबरोबरच समुद्राच्या पात्रातून रेडिओलारियांचा प्रवास होत होता. ते होते प्रसिद्ध रेडिओलारिया ॲसँथॅरिआ. त्यांच्या सांगाड्यामध्ये १८ ते ३२ बारीक सुयां-प्रमाणे दिसणारे घटक होते. आपल्या गुंतागुंतीच्या जीवन-कालात हे रेडिओ-लारिया समुद्राच्या पाण्यातील स्ट्रॉंशिअम सल्फेटचे क्षार वर्षानुवर्षे जमा करीत होते व अशा तऱ्हेने त्यापासून स्फटिकी कण तयार झाले.

"मृत रेडिओलारिया समुद्राच्या तळाशी गेले व त्यांच्यावरील स्ट्रॉंशिअम सल्फेटचा थर वाढला, व या मार्गाने एका दुर्मिळ धातूच्या इतिहासाचा श्रीगणेशा झाला..."

इतर अनेक समुद्र-वनस्पतींनी सुद्धा समुद्राच्या पाण्यातून सेलेस्टिनचे नि-ष्कर्षण केले हे येथे नमूद केले पाहिजे—इतिहासपूर्व कालातील कालवांचे चक्राकार कवच सेलेस्टिनपासून तयार झाल्याचे शास्त्रज्ञांना आढळले. काही कवचांचा व्यास तर ४० सें. मी. होता.

कॅलिफोर्निया आणि ॲरिझोना (अमेरिका) मध्ये सुद्धा स्ट्रॉंशिअमचे ज्वालामुखीजन्य व गाळजन्य साठे आहेत (स्ट्रॉंशिअमला उष्ण हवामान "आवडते" असे दिसते, आणि उत्तरेकडील भागात स्ट्रॉंशिअम फार क्वचित सापडते). तृतीय महाकल्प काळात या भागात ज्वालामुखींचे प्रचंड उद्रेक घडून आले. लाव्हा रसानी युक्त उष्ण पाणी पृथ्वीमधून बाहेर पडले. त्यामध्ये स्ट्रॉंशिअमचे बरेच प्रमाण होते. ज्वालामुखींच्या प्रदेशातील सरोवरांमध्ये स्ट्रॉंशिअम जमा होते आणि हजारो वर्षांपासून स्ट्रॉंशिअमचे साठे तयार होत आहेत.

कास्पिअन समुद्रावरील कारा-बोझगा-गोल सरोवराच्या पाण्यात स्ट्रॉंशिअम आहे. बाष्पीभवनाच्या अखंड क्रियेमुळे स्ट्रॉंशिअमच्या क्षारांचे प्रमाण सतत वाढत आहे. संपृक्त होताच अवक्षेपाच्या स्वरूपात स्ट्रॉंशिअम क्षार जमा

होतात तेव्हा त्यामध्ये बऱ्याच वेळा १ ते २ टक्के स्ट्रॉंशिअम असते.

तुर्कमेनिया (सोविएत मध्य आशिया) मधील पर्वतांमध्ये बऱ्याच वर्षांपूर्वी भूस्तरतज्ज्ञांना सेलेस्टिनचे बरेच मोठे साठे मिळाले होते. पामीर पठाराच्या नैऋत्य भागातील कुस्तांगतॉ पर्वत-राजीच्या घळई आणि दऱ्यांच्या उतारावर या मौल्यवान खनिजाचे निळे पट्टे आहेत. तुर्कमेनियाचे हे "अवकाशीय" खडक सोविएत संघाच्या अर्थव्यवस्थेला मदत करतील.

वाचकहो, निसर्गाला अजिबात घाई नाही: आज स्ट्रॉंशिअमचे जे साठे आढळतात ते तयार होण्यास लक्षावधी वर्षांपासून सुरुवात झाली. पूर्वीप्रमाणे आजसुद्धा गुंतागुंतीच्या रासायनिक क्रिया घडत आहेत, व पृथ्वीच्या पोटात, समुद्रात आणि महासागरांच्या पाण्याखाली नवीन संपत्ती निर्माण होत आहे, पुढील पिढ्यांना निसर्गाची ही एक देणगीच ठरेल.

५

जुन्या खाणीतील शोध
(इट्रिअम)

आऱ्हेनिअसच्या विजयाचा क्षण – रहस्यमय मृत्तिका – सुबत्तेचा काळ – मृत्तिका पिवळी कशी झाली ? – आयुष्यातील नवीन पर्व – अज्ञातवासातून उजेडात – पसंतीच्या क्रमाने – मोसँडरचे " त्रिकूट " – दुर्मिळ मृत्तिकांची " साथ " – अल्डेबॅरॅनिअम आणि कं. – १५००० वेळा स्फटिकीकरण – नावबंधू – " घराची समस्या " – दोन शतकांनंतर काय उजेडात आले – आगकाडीने दिवा पेटविणे – अग्निबाणाच्या " खिडक्या " – रंगीत दूरचित्रवाणीतील प्रगती – ओतीव लोखंडाकरता " व्हिटॅमिन " – दुर्मिळ मृत्तिका धातू खरोखरच दुर्मिळ आहेत ? युरी गागारीनच्या सन्मानार्थ

१८८७ मध्ये स्विडीश सैन्यातील लेफ्टनंटच्या हुद्यावर काम करणाऱ्या कार्ल आऱ्हेनिअसने स्वीडनची राजधानी स्टॉकहोम जवळील अनेक लहान-लहान बेटांपैकी एका बेटावरील इटरबि या गावी सुट्टी व्यतित करण्याचा मनसुबा रचला. या खेड्याची निवड त्याने मुद्दामच केली होती. तो एक उत्साही व हौशी खनिजतज्ज्ञ होता. रिकामी झालेली व बऱ्याच काळापासून सोडून दिलेली एक खाण इटरबिजवळ असल्याचे त्याला ठाऊक होते. तेथे त्याच्या वैयक्तिक खनिज संग्रहाला उपयुक्त अशी खनिजे मिळण्याची त्याला आशा होती. खाणीचे नवनवीन भाग धुंडाळण्यात त्याने अनेक दिवस घालविले, पण बऱ्याच काळापर्यंत त्याला विशेष काही गवसले नाही. शेवटी एके दिवशी कोळशासारखा काळा दगड खणून काढल्यावर त्याच्या श्रमाचे सार्थक झाले. तो दगड कशाचा हे त्याला अजिबात ठाऊक नव्हते, व हा शुभशकूनच होता. काहीतरी हाती गवसल्यामुळे आऱ्हेनिअसचा आनंद काय वर्णावा ? अर्थात, हे बेढव खनिज अकार्बनी रसायनशास्त्रात महत्त्वाची भूमिका बजावणार आहे आणि हे खनिज सर्वप्रथम शोधणाऱ्याचे नाव अजरामर होणार आहे याची त्याला सुतराम कल्पना नव्हती.

आऱ्हेनिअसची सुट्टी संपत आली. घरी परतण्यापूर्वी त्याने काळ्या दगडाचे वर्णन लिहून ठेवले. अधिक बाऊ न करता इटरबि खेड्याची आठवण म्हणून त्यास त्याने इटरबिट नाव दिले. त्यानंतर सैन्यामध्ये कामावर रुजू झाला.

अनेक वेळा त्याने खडकाचा खनिज शास्त्रीय अभ्यास केला, पण त्याच्या विजयाचा क्षण केव्हाच निघून गेला होता.

१७९४ मध्ये, अँबो (सध्या टूर्कू) विद्यापीठातील फिनिश रसायनज्ञ, प्रोफेसर गॅडोलिन यांचे इटरबिटकडे लक्ष वेधले. इटरबिटच्या काळया दगडाने या बुद्धीमान शास्त्रज्ञाचे नशीब उजळले व त्याचे पुढील भवितव्यही निश्चित केले. १८११ मध्ये सेंट पीटसबर्ग शास्त्र अकादमीचे संलग्न सभासदत्व त्यास मिळाले. गॅडोलिनने मूलद्रव्याचे रासायनिक विश्लेषण केले. लोह, कॅलशिअम, मॅग्नेशिअम, आणि सिलिकॉन या मूलद्रव्यांच्या ऑक्साइड संयुगांव्यतिरिक्त त्यामध्ये एक अज्ञात पदार्थ बऱ्याच प्रमाणात (३८ टक्के) असल्याचे त्याला आढळून आले. या पदार्थाचे काही गुणधर्म अॅल्युमिनिअम ऑक्साइडसारखे होते. हा पदार्थ एकतर नवीन मूलद्रव्याचे ऑक्साइड असावे किंवा "मृत्तिका" तरी असावी. काही अद्रावणीय मूलद्रव्यांच्या, उच्च विलय-बिंदू असणाऱ्या ऑक्साइड संयुगांना त्या काळी "मृत्तिका" असे संबोधिले जात होते.

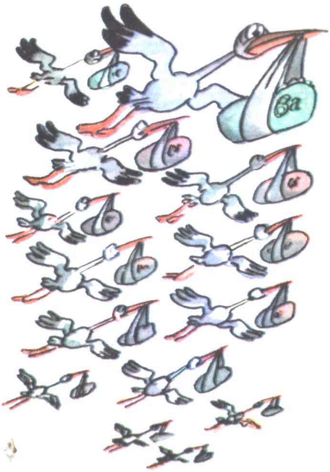
तीन वर्षांनंतर उपसाला विद्यापीठातील प्रोफेसर व स्विडिश रसायनज्ञ अंडर्स एकबर्ग यांनी इटरबिटचा अभ्यास सुरू केला. फिनिश सहकाऱ्याच्या निष्कर्षांशी एकबर्ग सहमत होता. पण त्यातील नवीन मूलद्रव्याचे प्रमाण ३८ टक्के नसून ५५.५ टक्के असल्याचे त्याने सांगितले. या रहस्यमय मृत्तिकेला इट्रिअम नाव द्यावे तसेच, खनिजाचा सर्वप्रथम अभ्यास करणारा शास्त्रज्ञ गॅडोलिन व विज्ञानाची त्याने केलेली सेवा स्मरून इटरबिट खनिजाचे गॅडो-लिनाइट असे पुर्ननामकरण करण्याचे त्याने सुचविले.

शास्त्रीय वर्तुळात इट्रिअम मृत्तिकेबाबत अधिकाधिक स्वारस्य निर्माण होत होते. अनेक देशांमध्ये गॅडोलिनाइटचा अभ्यास करण्यात आला. त्यामध्ये खरोखरच एक नवीन मूलद्रव्य असल्याची खात्री पटली. परंतु त्याच्या प्रमाणा-बाबत मात्र एकवाक्यता नव्हती. इट्रिअम मृत्तिकेचा सर्व दिशांनी पाठलाग करणाऱ्या रसायनज्ञांपैकी कोणासही या मृत्तिकेत एकापेक्षा अधिक अज्ञात मूलद्रव्यांची ऑक्साइड संयुगे असल्याची पुसट शंकासुद्धा आली नाही.

१८०३ मध्ये शोधलेल्या सिरीअम मृत्तिकेचे संघटनसुद्धा गुंतागुंतीचे असल्याचे आढळले. या दोन मृत्तिकांमध्ये, मेंदेलेयेवच्या कोष्टकातील क्र. ५७ ते क्र. ७१ पर्यंतची सर्व मूलद्रव्ये (लँथनाइडस) त्यांचे जवळचे "नातेवाईक" – स्कॅंडिअम (क्र. २१) व इट्रिअम (क्र. ३९) सह "रहात" असल्याचे नंतर लक्षात आले. या मूलद्रव्यांचा दुर्मिळ मृत्तिका धातूंच्या समुहात समावेश होतो. परंतु, सिरीअम आणि इट्रिअम मृत्तिकेचे त्यांच्या घटकांमध्ये विभाजन करून त्यापासून नवीन मूलद्रव्याचा शोध लागण्यास बरीच वर्षे जावी लागली.

पॅलॅडिअम, ऱ्होडिअम, ऑस्मिअम, इरिडिअम, पोटॅशिअम, सोडिअम, बेरिअम, स्ट्रॉंशिअम, कॅलशिअम, मॅग्नशिअम, लिथिअम आणि कॅडमिअम

या मूलद्रव्यांचा शोध १९ व्या शतकाच्या सुरुवातीस लागला. या आणि इतर "नव-जात" मूलद्रव्यांनी रसायनज्ञांचे लक्ष वेधून घेतले आणि इट्रिअम आणि सिरिअम मृत्तिकेतील औत्सुक्य बरेच कमी झाले.



प्रसिद्ध स्विडीश रसायनज्ञ बर्झेलिअम आणि त्याचे विद्यार्थी अद्यापी दुर्मिळ मृत्तिकांच्या अभ्यासात गुंतलेले होते. १८१८ मध्ये, स्केरर नावाच्या बर्झेलिअसच्या सहकाऱ्याला आढळून आले की, सहसा रंगहीन असलेली इट्रिअम मृत्तिका हवाबंद पात्रात तापविली असता त्यास एक वेगळीच अशी पिवळी रंगच्छटा प्राप्त होते. ही मृत्तिका क्षपणकारी वातावरणात तापविली तरच पुन्हा रंगहीन होते. स्केररने निष्कर्ष काढला की इट्रिअम समवेत आणखी एक अज्ञात ऑक्साइड संयुग या मृत्तिकेत असले पाहिजे. या ऑक्साइड-मुळेच मृत्तिकेला पिवळा चेहरा प्राप्त होतो. यापूर्वी सुद्धा हेच मत त्याने व्यक्त केले होते, पण पुढे काहीच प्रगती झाली नाही. स्केरर-लासुद्धा त्याचे निष्कर्ष प्रयोगांनी सिद्ध करता आले नाहीत.

पुष्कळ वर्षे निघून गेली आणि १८२८ मध्ये इट्रिअमच्या आयुष्यातील एक नवीन पर्व सुरू झाले. फ्रेडरिक वोलर (बर्झेलिअसचा विद्यार्थी) ने धात्विक इट्रिअमचे निष्कर्षण केले. निष्कर्षण केलेल्या धातूमध्ये अनेक अशुद्ध द्रव्ये होती, पण तरीसुद्धा ही घटना इट्रिअमच्या इतिहासाला कलाटणी देणारी मानली जाते. कारण, रासायनिक संयुगांमधून दुर्मिळ मृत्तिका मूलद्रव्य अलग करणे आजही कठीण काम आहे.

इट्रिअमच्या इतिहासातील किंवा अधिक अचूक सांगायचे म्हणजे सर्व दुर्मिळ मृत्तिका धातूंच्याच इतिहासातील नवे पृष्ठ (या धातूचे

जीवन एकमेकाशी अगदी निगडित आहे) बर्झेलिअसच्याच एका विद्यार्थ्याने – बुद्धीमान स्विडीश रसायनज्ञ कार्ल मोसँडरने लिहिले. १८२६ मध्ये त्याला सिरिअम मृत्तिकेबाबत स्वारस्य निर्माण झाले. इट्रिअम मृत्तिकेप्रमाणेच त्यामध्येही एका अज्ञात मूलद्रव्याचे ऑक्साइड असावे असा त्याचा समज झाला. नवीन मृत्तिका अलग करण्यात अपयश मिळाल्याने घाईगर्दीने वक्तव्य करण्याची त्याला सवय नव्हती. त्या वेळेपर्यंत सिरिअम ऑक्साइडच्या अभ्यासातून त्याचे लक्ष विचलित झाले होते आणि १८३० नंतरच त्याने सिरिअम ऑक्साइडचा अभ्यास पुन्हा सुरू केला.

सिरिअम मृत्तिकेवरील पूर्वी केलेले प्रयोग त्याने पुन्हा सुरू केले. या मृत्तिकेमध्ये अजून एका मूलद्रव्याचे ऑक्साइड संयुग असल्याचे त्याला आढळले. बर्झेलिअसच्या सूचनेनुसार त्याने या मूलद्रव्याला लँथनम (ग्रीक भाषेत या शब्दाचा अर्थ "लपविलेले" असा होतो) हे नाव दिले. सिरिअमच्या पाठीमागे लँथनम खरोखरच बराच काळ लपून राहिले होते. पण याची भरपाई म्हणून दुर्मिळमृत्तिका गटातील त्याच्या इतर नातेवाईकांना स्वतःच्या घरामध्ये थारा देऊन आणि त्यांना लँथनाइड असे संबोधिण्याचा अधिकार बहाल करून जणू लँथनमने अगदी अपवादात्मक आतिथ्य दाखविले.

लँथनम ऑक्साइड व्यतिरिक्त सिरिअम मृत्तिकेमध्ये मोसँडरला अजून एक पदार्थ मिळाला. त्याची संरचनासुद्धा गुंतागुंतीची असल्याचे नंतर लक्षात आले. त्या पदार्थामधून अनेक दुर्मिळ मृत्तिका धातूंचे निष्कर्षण करण्यात आले. आता इट्रिअम मृत्तिकेची वेळ आली. स्केररच्या प्रयोगातील इट्रिअम मृत्तिकेच्या जीवनातील "पिवळे दिवस" -मोसँडर विसरला नव्हता. गॅडोलिन, एकबर्ग आणि इतर अनेक संशोधकांनी गॅडोलिनाइट खनिजातील इट्रिअम ऑक्साइडचे प्रमाण ठरविण्यासाठी एकच पद्धत वापरली होती. पण त्यांचे निष्कर्ष मात्र वेगवेगळे असल्याचे सुद्धा तो विसरला नव्हता. निष्कर्षांमधील तफावतीचे कारण जर खुद्द बर्झेलिअसला सांगता आले नव्हते, तर मग ही समस्या फार त्रास देणार हे निश्चित.

पण प्रयोगांना सुरुवात कशी करायची? मोसँडरने सर्वप्रथम इट्रिअम ऑक्साइडचा अगदी शुद्ध नमुना मिळविला. त्यावेळी प्रचलित असलेल्या शास्त्रीय पद्धतींबाबत तो समाधानी नव्हता. त्याच्या प्रयोगांकरता खास नवीन पद्धती त्याने स्वतःविकसित केल्या. दुर्मिळ-मृत्तिका मूलद्रव्याच्या रसायनशास्त्रात या पद्धती नंतर मूलभूत म्हणून स्वीकारल्या गेल्या. इट्रिअम ऑक्साइडचे विभाजन करण्याकरता त्याने अंशतः अवक्षेपण पद्धतीचा उपयोग केला. ही पद्धत दुर्मिळ मृत्तिका मूलद्रव्यांच्या आम्लांमधील विभिन्न द्रावणीयतेवर आधारित आहे. इट्रिअम मृत्तिका, अनेक ऑक्साइड संयुगांचे मिश्रण आहे असे मानल्यास ही

संयुगे एकाच वेळी अवक्षेपित न होता अंतरा-अंतराने एकानंतर एक याप्रमाणे अवक्षेपित होतील.

दिवस संपले, आठवडे उलटले आणि अनेक महिन्यांचा काल सरला. इट्रिअम हायड्रेटमध्ये पोटॅशिअम ऑक्झलेट, अमोनिआ आणि इतर अभिकारक अक्षरश: थेंबाथेंबाने टाकणे सुरू होते. एका कष्टप्रद प्रयोगानंतर दुसरा, त्यानंतर तिसरा असे अगणित प्रयोग झाले. शेवटी १८४३ च्या ऑक्टोबर महिन्यात मोसँडरने त्याचे निष्कर्ष प्रकाशित केले. इट्रिअम मृत्तिकेत तीन ऑक्साइड संयुगे असावीत: अंशत: अवक्षेपणाच्या क्रियेत त्याला प्रथम पिवळ्या रंगाचे, नंतर गुलाबी रंगाचे व शेवटी रंगहीन अवक्षेप मिळाले. ही तीन ऑक्साइड संयुगे व त्यातील मूलद्रव्यांना मोसँडरने अशी नावे दिली की त्यावरून इटरबि या खेड्याजवळ मिळालेल्या मृत्तिकेचे विभाजन केल्याचे सहज लक्षात येते — रंगहीन ऑक्साइडला इटरिअम (गावाच्या नावातील पहिली दोन अक्षरे) पिवळ्या ऑक्साइडला टरबिअम (मधली दोन अक्षरे) व गुलाबी रंगाच्या ऑक्साइडला अरबिअम (शेवटची दोन अक्षरे) अशी नावे दिली.

ही समस्या येथेच संपली, असे मात्र नाही. मोसँडरच्या "त्रिकूटा"-भोवती वादविवादांचे मोहोळ उठले. त्यामध्ये अनेक नामवंत रसायनज्ञ सहभागी होते. काहींनी तर नवीन मृत्तिकांच्या अस्तित्वाबाबतच शंका बोलून दाखविली. या तीन मृत्तिका सुद्धा अजून अनेक अज्ञात मूलद्रव्यांमध्ये विभागता येतील असा काहींचा विश्वास होता. सत्य मात्र या दोन विचारसरणींच्या बरोबर मध्यभागी होते: अर्बिअम मृत्तिका म्हणजे ऑक्साइड संयुगांचे मिश्रण होते. १८७८ मध्ये स्विस रसायनज्ञ मॅरिग्नॅकने या मृत्तिकेचे अर्बिअम आणि इटर-बिअममध्ये विभाजन केले. पण अरबिअम आणि इटरबिअम सुद्धा ऑक्साइड संयुगांचे मिश्रण असल्याचे आढळून आले...

मृत्तिकांचे विभाजन सुरूच राहिले व त्याबरोबरच लँथनाइड कुटुंब सुद्धा वाढत होते. दुर्मिळ मृत्तिकांमधील स्वारस्य शिगेला पोचले. रॉबर्ट बुनसेन व गुस्ताव किरचॉफ यांनी विकसित केलेली वर्णपटीय विश्लेषण पद्धत मदतीला धावून आली, आणि त्याबरोबरच दुर्मिळ मृत्तिकांचे रहस्य शोधून काढण्याची शक्यता सुद्धा खूपच वाढली.

सोन्याच्या लालसेमुळे ज्याप्रमाणे अनेक साहसी लोक कॅलिफोर्निआ आणि क्लोंडिकला जमा झाले होते, त्याप्रमाणेच १९ व्या शतकाच्या शेवटच्या २५ वर्षात रासायनिक संपत्तीच्या शोधात अनेक शास्त्रज्ञ दुर्मिळ मृत्तिकांच्या द्वीपक-ल्पाच्या किनाऱ्याकडे धाव घेऊ लागले. नवनवीन दुर्मिळ मृत्तिका धातूंच्या शोधाला जणू अंत नव्हताच (शंभराहून अधिक धातू त्यावेळी माहीत झाले होते). पण दुर्दैवाने, यापैकी काही मूलद्रव्यांजवळच आवर्ती कोष्टकात कायम स्वरूपाचे स्थान देण्याइतपत पात्रता होती. या "नवजात" मूलद्रव्यांना त्यांच्या

"पालकांनी" फारच छान नावे दिली होती : फिलिपिअम, डेसिपिअम, डेमोनिअम, मॅटॅसेरिअम, डॅमॅरिअम, लुटिअम, कॉस्मिअम, निओकॉरीअम, ग्लॉकोडिडिमिअम, व्हिक्टोरिअम, ऑक्सेनिअम, कॅरोलिनिअम, इनकॉग्निटम, कॅसिओपेइअम आणि इतकेच काय तर अल्डेबॅरॅनिअम सुद्धा ... या दुमदुमणाऱ्या नावांचा आज फक्त खोटया शोधांच्या यादीतच समावेश झालेला आढळतो.

पण थोडासा सुदैवाचा भाग सुद्धा होताच. अर्बिअम व्यतिरिक्त अर्बिअम मृत्तिकेत थुलिअम, होल्मिअम आणि डिसप्रोसिअम ही मूलद्रव्ये सापडली, तर इटरबिअम मृत्तिकेत इटरबिअम व्यतिरिक्त स्कँडिअम आणि लुटेशिअम सुद्धा मिळाले. लुटेशिअम अलग करण्यासाठी जॉर्जस् अर्बेन या फ्रेंच रसायनज्ञाने १५,००० वेळा स्फटिकीकरण केले : आपली गुपिते सांगायला निसर्ग किती नाखूष असतो पहा. लुटेशिअम (१९०७ साली शोधलेले) हे दुर्मिळ मृत्तिका वर्गातील सर्वात शेवटचे मूलद्रव्य होय आणि योगायोग म्हणजे लँथनाइड समूहात सुद्धा त्याचे स्थान शेवटचेच आहे.

अशा रीतीने अखेर सर्व दुर्मिळ मृत्तिका धातूंचा शोध लागला तर. काही निष्कर्ष आता आपण थोडक्यात पाहू : आऱ्हेनिअसला ज्या लहानशा स्विडीश खेडचाजवळ काळा दगड सापडला होता त्याने चार मूलद्रव्ये – इट्रिअम, टर्बिअम, अरबिअम आणि इटरबिअम-उजेडात आणली. जगातील कोणत्याही एका खंडाला, प्रादेशिक अथवा राष्ट्रीय राजधानीला असा मान मिळालेला नाही. गॅडोलिनाइट (इटरबाइट) या काळया खनिजाची सुद्धा एक वेगळीच मक्तेदारी ठरली – सुमारे एक डझन नवीन मूलद्रव्यांचे ते भांडार होते.

इट्रिअम आणि इतर दुर्मिळ मृत्तिका धातूंना स्थान देतेवेळी मेंदेलेयेवला खूपच कष्ट पडले. आवर्ती नियमाचा शोध लागला त्यावेळी फक्त सहा दुर्मिळ मृत्तिका धातू माहीत होते. पण त्यांच्यामधील आत्यंतिक रासायनिक समानतेमुळे प्रत्येक मूलद्रव्याला जागा देणे अवघड होते. या मूलद्रव्याची संख्या जशी वाढली तेव्हा "घराची समस्या" अधिकाधिक बिकट झाली. ही समस्या पूर्णपणे सुटण्यास दहा वर्षे जावी लागली. परिणामी, दुर्मिळ मृत्तिका धातूंच्या इतिहासाला सुरुवात करून देणाऱ्या इट्रिअमला स्वतंत्र "खोली" द्यावी लागली. स्कँडिअमला सुद्धा हा "खास हक्क" मिळाला. इतर दुर्मिळ मृत्तिका मूलद्र-

ह्यांना "एकत्रित जागा" द्यावी लागली, व त्यामध्ये लँथनमला यजमान पद मिळाले. बहुतेक मूलद्रव्ये इट्रिअम समूहात (बाकी सर्व मूलद्रव्ये सिरिअम समूहात आहेत) असली तरी कोष्टकामध्ये या समूहापासून इट्रिअमची फारकत करण्यात आली.

इट्रिअमचा शोध लागून सुमारे दोनशे वर्षांचा कालावधी लोटला होता. या मूलद्रव्याचा सर्वंकष अभ्यास करण्यासाठी हा काळ पुरेसा होता असेच प्रत्येकाला वाटत असेल. तरीपण, वेगवेगळ्या संदर्भ-ग्रंथांमध्ये या मूलद्रव्याची घनता, विलय-बिंदू, उत्कलन-बिंदू आणि इतर गुणधर्मांविषयी जी काही माहिती होती, त्यामध्ये एकवाक्यता दिसत नव्हती. निरनिराळ्या संशोधकांना मिळालेल्या धातूची शुद्धता कमी-जास्त होती म्हणूनच ही तफावत आढळून आली. निर्वात ठिकाणी इट्रिअम वितळवून दोन-तीन वेळा उर्ध्वपातन केले असता ९९.८-९९.९ टक्के शुद्ध इट्रिअम मिळू शकते. हा धातू १५००° सें. ग्रे. तपमानावर वितळतो आणि त्याची घनता ४.४७ ग्रॅ/से. मी.^{3} आहे. उच्च विलय बिंदू, तुलनेने कमी घनता, बऱ्यापैकी टणकपणा आणि इतर महत्त्वाच्या गुणधर्मांमुळे बांधकामाचे साहित्य म्हणून इट्रिअमला भरपूर वाव आहे. द्रव अवस्थेतील अणुइंधन – वितळलेले युरेनिअम किंवा प्लूटोनिअम – वाहून नेणाऱ्या नळांमध्ये इट्रिअमचा नुकताच प्रयोग करण्यात आला, पण सध्या तरी इतर क्षेत्रांमध्येच त्याचा जास्त उपयोग होत आहे.

गत शतकाच्या अखेरीस विद्युत क्षेत्राच्या विकासाला चालना मिळाली. जर्मन भौतिकतज्ज्ञ वॉल्टर नर्न्स्ट याने तापदीप्त दिव्याचा शोध लावला. या दिव्यामधील निर्वात जागेत अथवा निष्क्रिय वायूच्या वातावरणात असणाऱ्या कार्बन अथवा धातूच्या तंतूऐवजी झिर्कोनिअम आणि इट्रिअम ऑक्साइडच्या मिश्रणापासून तयार केलेला दांडा वापरण्यात आला. त्याची अशी कल्पना होती की, काही स्फटिकी संयुगांमध्ये – ज्यांना घन विद्युत अपघटनी म्हणतात – इलेक्ट्रॉनच्या हालचालीमुळे किंवा आयॉनच्या हालचालींमुळे विद्युत-प्रवाह निर्माण होतो. ८००° सें. ग्रे. तपमानापर्यंत तापविल्यानंतरच दांडचामधून विद्युत-प्रवाह जात असल्यामुळे नर्न्स्टचा दिवा आगकाडीने पेटविणे जरूरी होते. याच कारणामुळे त्या काळी या दिव्याचा विशेष उपयोग होत नव्हता. पण आज या प्रकारचे तपनपदार्थ उच्च तपमान निर्माण करण्याकरता वापरले जात आहेत (इट्रिअम ऑक्साइडऐवजी आता कॅलशिअम ऑक्साइड सुद्धा वापरले जाते). धातूंप्रमाणे या पदार्थाचे हवेमध्ये ऑक्सिडीकरण होत नाही. या उलट, ज्या माध्यमात हे पदार्थ वापरण्यात येतात, त्या माध्यमाचे ऑक्सिडी-कारक गुणधर्म जेवढे अधिक तितके ते अधिक चांगली सेवा देतात.

रेडिओ-इलेक्ट्रॉनिक्स, श्रवण-साधने आणि संगणकाच्या स्मरणिकांमध्ये वापरल्या जाणाऱ्या इट्रिअम फेराइट संयुगांच्या उत्पादनात अतिशय शुद्ध

प्रतीचे इट्रिअम ऑक्साइड आधारभूत ठरले आहे. उच्च विलय बिंदू असणारे धातू वितळविण्यासाठी उपयोगी असणाऱ्या उष्णता-रोधक साहित्याच्या मुशी तसेच शक्तिशाली जनित्रांमधील ऋणाग्र, यामध्ये इट्रिअमच्या बोराइड, सल्फाइड आणि ऑक्साइड संयुगांचा वापर होतो. गेल्या काही वर्षात झिट्राइट नावाचे नवीन उष्णता-रोधक साहित्य प्रचारात आले. या साहित्यात झिर्को-निअम मृत्तिकेमध्ये इट्रिअम मिसळलेले असते. झिट्राइटमध्ये कमीतकमी उष्णता-वाहक क्षमता असून २२००° सें. ग्रे. तपमानापर्यंत सुद्धा त्याचे गुणधर्म अबाधित राहतात. इट्रिलॉक्स नामक आणखी एक मृत्तिका साहित्य २२०४° सें. ग्रे. तपमानावर वितळते. हे थोरिअम डायॉक्साइड आणि इट्रिअम ऑक्साइडपासून तयार केले गेलेले अजून वर्णपटाच्या दृश्य पट्ट्यात ते काचेसारखे पारदर्शक दिसते. त्यामधून अवरक्त किरणे आरपार जाऊ शकतात. विविध उपकरणां-मध्ये आणि अग्निबाणामध्ये अवरक्त "खिडक्यां"साठी आणि उच्च तपमान असणाऱ्या भट्ट्यांमध्ये झरोका म्हणून त्यांचा उपयोग होऊ शकतो.

रंगीत दूरचित्रवाणीच्या विकासात इट्रिअमने खूपच हातभार लावला आहे. दूरचित्रवाणी संचाच्या लाल फॉस्फरपासून बनविलेल्या व इट्रिअम संयुगावर आधारित चित्र-नलिका अधिक झगझगीत प्रकाश निर्माण करतात. जपानमध्ये या कामासाठी युरोपिअमने क्रियाशील केलेले इट्रिअम ऑक्साइड वापरतात. इतर देशात इट्रिअम ऑर्थोव्हॅनडेट पसंत करतात. दहा लाख चित्र-नलिका तयार करण्यासाठी जवळ जवळ ५ टन शुद्ध इट्रिअम ऑक्साइड लागते असा जपानमधील अनुभव आहे.

इट्रिअमचा सर्वाधिक उपयोग सध्या धातूशास्त्रात होतो असे म्हटल्यास अतिशयोक्ती ठरू नये. मिश्रपोलाद व प्रतिबंधक ओतीव लोखंडाच्या उत्पाद-नात भराव म्हणून इट्रिअमचा अधिकाधिक उपयोग होत आहे. पोलादामध्ये

अल्प प्रमाणात इट्रिअम मिसळले असता त्यातील कण सूक्ष्म होऊन पोलादाच्या यांत्रिक, विद्युत आणि चुंबकीय गुणधर्मामध्ये सुधारणा होते. अगदी थोडेसे इट्रिअम (एक दशांश किंवा एक शतांश) ओतीव लोखंडात मिसळले तरी त्याची कठीणता दुपटीने, तर झीजरोधकता चारपटींनी वाढते. शिवाय, धातूचा ठिसूळपणा कमी होऊन ताकदीमध्ये तो पोलादाशीसुद्धा बरोबरी करतो व उच्च तपमान सहन करण्याची त्याची क्षमता वाढते. महत्त्वाचा मुद्दा असा की इट्रिअमयुक्त लोह अनेक वेळा वितळवून सुद्धा त्यातील "व्हिटॅमिन-वाय"चे (इट्रिअमचे चिन्ह '*Y*' आहे) गुणधर्म अबाधित राहतात.

निकेल, क्रोमिअम, लोह आणि मॉलिब्डेनमवर आधारित मिश्रधातूंची उष्णतारोधकता इट्रिअममुळे वाढते. उच्च विलय बिंदू असलेले व्हॅनॅडिअम, टॅंटलम आणि टंगस्टन हे धातू व त्यांच्या मिश्रधातूंची तंतुक्षमता इट्रिअममुळे वाढते व टिटॅनिअम, तांबे, मॅग्नेशिअम आणि ॲल्युमिनिअमच्या मिश्रधातूंची ताकत वाढते. मॅग्नेशिअम-इट्रिअम मिश्रधातू (इट्रिअम ९%) हलका असून त्याची क्षरण-रोधकता उच्च प्रतीची असते. हा धातू अवकाशीय वाहनांच्या काही भागांमध्ये वापरला जातो.

शुद्ध स्वरूपात (स्फटिक आणि लगड) किंवा मॅग्नेशिअम आणि ॲल्युमिनिअमच्या मिश्रधातूंच्या स्वरूपात इट्रिअमचे उत्पादन करतात.

इट्रिअमचे उत्पादन सतत वाढत आहे. अगदी काल-परवापर्यंत इट्रिअमचे जागतिक उत्पादन केवळ काही किलोग्रॅममध्ये होते. पण आज मात्र प्रतिवर्षी १०० टन इट्रिअम वापरले जाते. तरी सुद्धा इट्रिअम दुर्मिळ

. वरवर पाहता तसे वाटत नाही, केवळ इट्रिअमच नाही तर इतर दुर्मिळ मृत्तिका-धातु निसर्गात वारंवार आढळतात. पृथ्वीच्या कवचात इट्रिअमचे प्रमाण ०.००२९% आहे. म्हणजेच पृथ्वीवर सर्वत्र पसरलेल्या पहिल्या तीस मूलद्रव्यात त्याचा क्रमांक लागतो. मॉलिब्डेनम किंवा टंगस्टनपेक्षा या मूलद्रव्याचे साठे १० पट अधिक आहेत, रूपे आणि पाऱ्यापेक्षा शंभर पट जास्त, तर सोने किंवा प्लॅटिनमपेक्षा इट्रिअमचे प्रमाण हजार पटींनी जास्त आहे.

"दुर्मिळ-मृत्तिका" मूलद्रव्ये ही संज्ञा त्या मूलद्रव्यांच्या शोधाच्या इतिहा-

सात तग धरून राहिली असून निसर्गातील या धातूंचे खरे प्रमाण त्यामध्ये प्रतिबिंबित होत नाही.

सुमारे शंभर खनिजांमध्ये इट्रिअम आढळते. त्यामध्ये, झेनोटाइम, फर्गुसोनाइट, ऑक्सेनाइट आणि थेलेनाइट ही खास इट्रिअम-खनिजे आहेत. १९६१ मध्ये सोविएत शास्त्रज्ञांनी कझाकस्तानमध्ये आजपर्यंत ठाऊक नसलेले इट्रिअमयुक्त खनिजसाठे शोधून काढले आहेत. युरी गगारिन या पहिल्या अंतराळवीराच्या सन्मानार्थ या खनिजाला गगारिनाइट असे नाव देण्यात आले. या खनिजाचा एक उत्कृष्ट नमुना युरी गगारिनला देण्यात आला. गगारिनाइटचा एक मोठा, फिकट पिवळया रंगाच्या षटकोनी स्फटिकांपासून तयार झालेला सुंदर खडक सोविएत संघाच्या शास्त्र आकादमीच्या फर्समान खनिजशास्त्रीय वस्तुसंग्रहालयात ठेवण्यात आलेला आहे.

Tc

डाइनॉसॉरचे पुनरुत्थान

(टेक्नेशिअम)

भूतकाळाचे पुनरागमन ? – सकृत्याकडे सत्कृत्य धाव घेते – कलंकित ख्याती-दुर्दैव – वेळ आणि श्रम वाया गेले ? – "निक्षून मनाई" – आदरहीन शेजारी – क्षणभंगूर आयुष्य – हरविलेले – तोफखान्यातील प्रगती – परदेश दौरा – अजिबात नसण्यापेक्षा थोडेसे बरे – अधिक बाऊ न करता – रहस्यमय तुकडे – स्वस्त मिळणे शक्य होते ? – रुचकर भोजन नव्हे – अजिंक्य किल्ला – शून्यानजिक – शर्मिष्ठा नक्षत्रात – नाकारलेले सिद्धांत – डाइनॉसॉरचा विहार

सकाळच्या वर्तमानपत्रातील एका खळबळजनक वृत्ताची कल्पना करा :

नवजात डाइनॉसॉर

आटपाट नगरातील एका प्राणिसंग्रहालयात मगर आणि कांगारू यांचे संकरण करून डाइनॉसॉरचे पुनरुत्थान करण्यात शास्त्रज्ञ यशस्वी झाले आहेत. या प्रयोगांमध्ये शास्त्रज्ञांनी अनेक वर्षे खर्ची घातली. डाइनॉसॉर हा प्राणी पृथ्वीवर मेसोझोइक काळात अस्तित्वात होता, आणि कित्येक दशलक्ष वर्षांपूर्वी तो नामशेष झाला.

आपल्या ध्यानात येईलच, अशा प्रकारचे वृत्त फक्त "एप्रिल फूल"च्या दिवशीच प्रसिद्ध होऊ शकेल. इतिहासाचे घडयाळ अनेक शतके मागे नेऊन सुद्धा आपल्याला भूतकाळात जाता येणार नाही.

डाइनॉसॉर किंवा टेरोडॅक्टिलसारख्या प्राण्यांचे पुनरुत्थान करणे शास्त्रज्ञांना शक्य नसले तरी कधी कधी यासारखे चमत्कार ते इतर क्षेत्रात घडवून आणतात. पृथ्वीवर एकेकाळी "वास्तव्य" असलेल्या परंतु किरणोत्सारी ऱ्हासामुळे हळूहळू पूर्णपणे लोप पावलेल्या रासायनिक मूलद्रव्यांबाबत आम्हाला सांगायचे आहे. १९३७ मध्ये अशा प्रकारचे पहिले मूलद्रव्य-टेक्नेशिअम – शास्त्रज्ञांनी सर्वप्रथम मिळविले. या मूलद्रव्याबाबत अधिक माहिती पाहण्यापूर्वी थोडेसे विषयांतर करून रसायनशास्त्राच्या इतिहासाकडे वळू.

१८४६ मध्ये रशियन रसायनज्ञ व खनिजतज्ज्ञ आर. हर्मान यास उरलम-

धील इल्मेन पर्वतात एक अज्ञात मूलद्रव्य सापडले. त्याला इट्रोइल्मेनाइट असे नाव देण्यात आले. इतके करूनच तो थांबला नाही, तर त्या खनिजामध्ये नवीन मूलद्रव्य असल्याचे सांगितले. या मूलद्रव्याचे निष्कर्षण करण्याचा प्रयत्न सुद्धा त्याने केला. हर्मानने इल्मेनिअमचा शोध लावला न लावला तोच जर्मन रसायनज्ञ एच. रोझ याने त्याच्यावर हल्ला चढविला व हर्मानची चूक निदर्शनाला आणून दिली (हर्मानने सुद्धा लवकरच सूड उगविला; जेव्हा रोझने पेलोपिअमचा शोध लावला तेव्हा हा शोध खोडून काढण्यासाठी त्याने प्रयत्नांची शिकस्त केली व त्यात तो यशस्वी सुद्धा झाला).

पाव शतकानंतर रासायनिक रंगमंचावर इल्मेनिअम पुन्हा एकदा झळकले. इल्मेनिअम हे मूलद्रव्य एका-मँगेनीजच्या जागेवर हक्क सांगणारे आहे असा समज होता. या मूलद्रव्याकरता आवर्ती कोष्टकातील ४३ क्रमांकाची जागा राखून ठेवली होती. परंतु रोझच्या प्रयोगांमुळे इल्मेनिअमची प्रतिमा खराब झाली होती. इल्मेनिअमचा अणूभार आणि इतर अनेक गुणधर्म मूलद्रव्य क्र. ४३ ला साजेसे होते, तरीसुद्धा मेंदेलेयेवने त्याला आवर्ती कोष्टकात स्थान दिले नाही. रसायनशास्त्राच्या इतिहासातील ते एक दुर्दैवी, बनावट मूलद्रव्य असल्याचे पुढील संशोधनामध्ये आढळून आले.

आवर्ती कोष्टकातील पोकळी तर भरून काढलीच पाहिजे. ४३ क्रमांकाच्या जागेवर हक्क सांगणाऱ्या मूलद्रव्यांची संख्या तर दिवसेंदिवस वाढत होती. डेव्हिअम, लिटिअम, निपोनिअम ही मूलद्रव्ये शोध लागता लागताच साबणाच्या फुग्याप्रमाणे क्षणभंगूर ठरली.

सरतेशेवटी १९१५ मध्ये इदा आणि वॉल्टर नोर्डॅक या जर्मन दांपत्याने एक लेख प्रसिद्ध करून मॅसुरिअम (क्र. ४३) व ऱ्हेनिअम (क्र. ७५) या मूलद्रव्यांच्या शोधाचे सूतोवाच केले. ऱ्हेनिअमबाबत सर्व काही आलबेल होते. ते लगेच "कायदेशीर" ठरले व त्याच्या घरात त्याला ताबडतोब स्थान मिळाले. मॅसुरिअमला मात्र नशीबाची साथ नव्हती. त्याच्या अस्तित्वाबद्दल खुद्द त्याच्या शोधकांना व इतर रसायनज्ञांना पुरावा देता आला नाही. इदा नोर्डॅकने जाहीर केले की, लवकरच ऱ्हेनिअमप्रमाणे मॅसुरिअम सुद्धा बाजारात उपलब्ध होईल. पण रसायनज्ञ म्हणजे दुसऱ्यांवर सहजासहजी विश्वास ठेवणारे लोक नाहीत. इदा नोर्डॅकच्या आश्वासनाव्यतिरिक्त नोर्डॅक दांपत्याने इतर कोणताही पुरावा सादर केला नसल्यामुळे "४३ क्रमांकाच्या बनावट मूलद्रव्यांच्या" यादीमध्ये आणखी एका दुर्दैवी नावाची भर पडली.

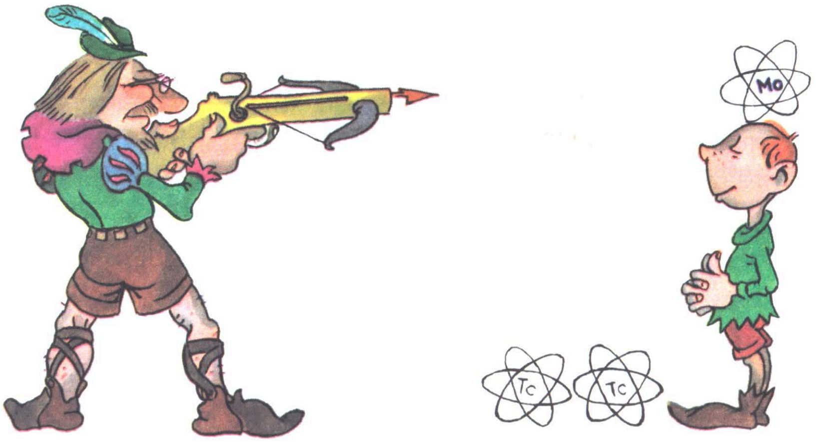
मूलद्रव्य क्र. ४३ प्रमाणेच, मेंदेलेयेवने भाकीत केलेली सर्वच मूलद्रव्ये निसर्गामध्ये अस्तित्वात असतीलच असे नाही असा काही शास्त्रज्ञांचा समज होता. त्यांचे हे मत बरोबर होते? आणि ते खरेच असेल तर या मूलद्रव्यांच्या शोधावर खर्च केलेला वेळ आणि श्रम वाया गेले? मॅसुरिअमविरुद्ध "नकारा-

धिकारा"चा वापर करणाऱ्या शास्त्रज्ञांमध्ये जर्मन रसायनज्ञ डब्ल्यू. प्रँडल्ट हा सुद्धा होता.

शेवटी न्यूक्लिय पदार्थविज्ञानाने ही समस्या सोडविली. रसायनशास्त्राची ही अगदी जवळची विज्ञान शाखा असून त्यावेळेपर्यंत या शाखेने बरीच मजल मारली होती. या विज्ञान-शाखेचे नियमन करणाऱ्या अनेक नियमांपैकी एक नियम म्हणजे वरण-नियम होय. १९२० मध्ये सोविएत रसायनज्ञ एस. ए. स्कुकॅरेव्ह यांनी या नियमाचा अभ्यास केला आणि १९३४ मध्ये जर्मन भौतिक-तज्ज्ञ एच. मॅटॉक यांनी त्यांची व्याख्या सांगितली. हा नियम स्पष्ट करण्यापूर्वी समस्थानिक आणि समभारिक म्हणजे काय ते आपण पाहू. समान न्यूक्लिय प्रभार परंतु भिन्न वस्तुमानांक असलेल्या अणूंना समस्थानिक म्हणतात. समभारिक – म्हणजेच – समान वजनाच्या समस्थानिकांच्या केंद्रकावरील प्रभार मात्र वेगळा असतो.

आता वरण नियमाकडे वळू या. हा नियम थोडक्यात असे सांगतो की ज्या दोन समभारिकांमधील न्यूक्लिय प्रभारात एकाचा फरक आहे असे समभारिक अस्तित्वात नसतात. म्हणजे जर एखाद्या रासायनिक मूलद्रव्याचा स्थायी समस्थानिक असेल, तर त्याच्या नजिकच्या मूलद्रव्याचा त्याच वस्तुमानांकाचा स्थायी समस्थानिक असणे "अजिबात संभवत" नाही. या नियमाच्या संदर्भात मूलद्रव्य क्र. ४३ अगदी दुर्दैवी ठरले, कारण त्याच्या उजव्या व डाव्या बाजूकडील दोन्ही शेजाऱ्यांनी – मॉलिब्डेनम आणि ऱ्हेनिअम या मूलद्रव्यांनी – या जागा त्यांच्या स्वतःच्या समस्थानिकांनी यापूर्वीच भरलेल्या आहेत. म्हणजेच मूलद्रव्य क्र. ४३ चे दुर्दैव आड आले. या मूलद्रव्याचे कितीही समस्थानिक असोत, ते सर्व अस्थायीच असणार. आणि दिवस-रात्र त्यांचे विघटन होत आहे.

मूलद्रव्य क्र. ४३ पृथ्वीवर कधीकाळी बऱ्यापैकी प्रमाणात होते, परंतु किरणोत्सारी ऱ्हासाच्या अव्याहत चालणाऱ्या क्रियेमुळे ते हळूहळू नाहीसे झाले असे समजणेच अधिक योग्य. तर मग युरेनिअम आणि थोरिअम अजून कसे काय तग धरून आहेत? तेसुद्धा किरणोत्सारी आहेत. म्हणजेच, त्यांच्या जन्मदिवसापासूनच त्यांचे विघटन होण्यास सुरुवात झाली असणार. याचे स्पष्टीकरण असे की इतर नैसर्गिक किरणोत्सारी मूलद्रव्यांच्या तुलनेत त्यांचे विघटन अतिशय हळू होते (युरेनिअमचे सध्याचे साठे सुद्धा पूर्वीच्या साठ्यांच्या एक-शतांश इतकेच आहेत). अमेरिकन रेडिओरसायनज्ञांनुसार, जर मूलद्रव्यांच्या अस्थायी समस्थानिकांचा अर्धायु-काल १५० दशलक्ष वर्षांपेक्षा अधिक असेल तरच "पृथ्वीच्या निर्मिती" पासून ही मूलद्रव्ये आजतागायत टिकू शकतात. मूलद्रव्य क्र. ४३ चे विविध समस्थानिक जेव्हा सापडले, तेव्हा त्यापैकी सर्वाधिक आयुष्यमान समस्थानिकाचा अर्धायु-काल फक्त २.५ दशलक्ष



वर्षांपेक्षा किंचित अधिक होता. पृथ्वीचे वय ४.५ दशलक्ष वर्षे आहे असे गृहीत धरल्यास डाइनॉसॉरच्या उत्क्रांतीपूर्वी मूलद्रव्य क्र. ४३ चे अणू पृथ्वीवरून नाहीसे झाले होते.

म्हणजेच, शास्त्रज्ञांना जर मूलद्रव्य क्र. ४३ "हाताळायचे" असेल तर त्यांना ते स्वतःच्या हातांनी आधी तयार करावे लागेल. कारण निसर्गाने या मूलद्रव्याचा समावेश "हरविलेल्या" मूलद्रव्यांच्या यादीमध्ये केव्हाच केला आहे. हे मूलद्रव्य तयार करण्याचे आव्हान विज्ञानाला पेलवेल का?

१९१९ मध्ये ब्रिटिश भौतिकतज्ज्ञ अर्नेस्ट रूदरफोर्डने हे काम खरोखरच साध्य करून दाखविले. रेडिअम अणूमधील अव्याहतपणे चालणाऱ्या न्यूक्लिय विघटनाच्या क्रियेमध्ये निर्माण झालेल्या अल्फा कणांचा मारा नायट्रोजन अणूच्या केंद्रकावर करण्यात आला. या अव्याहत माऱ्यामुळे नायट्रोजन अणूच्या केंद्रकामध्ये प्रोटॉनची भर घातली गेली व नायट्रोजनचे ऑक्सिजनमध्ये रूपांतर झाले.

रुदरफोर्डच्या प्रयोगांनी विज्ञानाच्या हातात एक प्रभावी शस्त्र दिले. या शस्त्रामुळे एखाद्या मूलद्रव्याचा नाश होत नाही तर त्याचे दुसऱ्या मूलद्रव्यात रूपांतरण करता येते. एवढेच नव्हे तर त्यामुळे नवीन मूलद्रव्ये सुद्धा तयार होऊ शकतात.

या पद्धतीने मूलद्रव्य क्र. ४३ तयार करता येईल? इटालिअन शास्त्रज्ञ एमिलिओ सेग्रे यांनी हा प्रश्न हाती घेतला. विसाव्या शतकाच्या तिसऱ्या दशकाच्या सुरुवातीस तो रोम विद्यापीठातील आधीच प्रसिद्ध पावलेल्या एनरिको फर्मी या शास्त्रज्ञाच्या हाताखाली काम करीत होता. इतर "मुलांबरोबर" (बुद्धीमान विद्यार्थ्यांना फर्मीने दिलेले नाव) युरेनिअमवरील न्यूट्रॉनच्या किरणीयन संबंधीच्या प्रयोगात त्याने फर्मीबरोबर भाग घेतला व न्यूक्लिय भौतिकशा-

स्त्रातील इतर प्रश्नांचा सखोल अभ्यास केला. पालेरमो विद्यापीठातील भौतिकशास्त्र विभागाचे प्रमुखपद स्वीकारण्याची भुरळ पाडणारी संधी त्याला मिळाली. सिसिलीच्या या प्राचीन राजधानीत आल्यानंतर सेग्रे निराश झाला. ज्या प्रयोगशाळेचा तो प्रमुख होणार होता ती एक फारच जुजबी प्रयोगशाळा होती व वैज्ञानिक उत्तेजन देण्यास ती कुचकामी होती.

अणूसंबंधी अभ्यास करण्याची सेग्रेला तीव्र इच्छा होती. १९३६ च्या उन्हाळ्यात समुद्र पार करून बर्कले या अमेरिकेतील गावी तो गेला. तेथील कॅलिफोर्निआ विद्यापीठातील प्रारण-प्रयोगशाळेत अर्नेस्ट लॉरेन्सने शोधलेला सायक्लोट्रॉन – आण्विक कणांचा प्रवेगक कित्येक वर्षे कार्यरत होता. आधुनिक भौतिकतज्ज्ञांना हे छोटेसे उपकरण म्हणजे लहान मुलांचे खेळणे वाटेल. पण त्या काळात जगातील पहिल्या सायक्लोट्रॉनबद्दल इतर प्रयोगशाळेतील शास्त्रज्ञांना कौतुक व हेवा वाटत असे (१९३९ मध्ये या शोधाबद्दल लॉरेन्सला नोबेल पारितोषिक मिळाले).

अमेरिकेतून निघून जाण्याची वेळ हळूहळू जवळ येत होती. सायक्लोट्रॉनपासून फारकत घेणे अवघडच होते. अशी कल्पना सुद्धा सेग्रे सहन करू शकत नव्हता. अमेरिका सोडण्यापूर्वी मॉलिब्डेनमची एक पट्टी बरोबर घेण्याचे त्याने ठरविले. सायक्लोट्रॉनमध्ये प्रवेगित झालेल्या ड्यूटरॉन कणांचा मारा या पट्टीवर कित्येक महिने होत होता. ड्यूटरॉन हे जड हायड्रोजन (ड्यूटेरिअम) चे केंद्रक होते. आपल्या सहकाऱ्याला लॉरेन्सने आनंदाने मदत केली. पालेरमोला परत येताना सेग्रेने मॉलिब्डेनमचे ते अमूल्य नमुने बरोबर आणले.

सेग्रेच्या मनात काय होते? त्याने नंतर लिहून ठेवले, "मॉलिब्डेनमवर ड्यूटरॉनचा मारा केल्यावर त्याचे मूलद्रव्य क्र. ४३ मध्ये रूपांतर होते, असे समजण्यास अनेक सबळ कारणे आमच्याजवळ होती." मॉलिब्डेनम अणूच्या

केंद्रकात खरोखरच ४२ प्रोटॉन होते. एक प्रोटॉन आणि एक न्यूट्रॉन असणाऱ्या ड्यूटेरिअमने मॉलिब्डेनमचा भेद केला तर तयार होणाऱ्या नवीन मूलद्रव्यात बरोबर ४३ प्रोटॉन असतील. ४३ क्रमांकाच्या मूलद्रव्याच्या केंद्रकात नेमके इतकेच प्रोटॉन हवेत.

सैद्धांतिक दृष्टीकोनातून विचार करता सर्व काही बरोबरच होते. पण प्रयोगाने सिद्ध करणे तेवढे सोपे नव्हते. १९३७ च्या जानेवारी महिन्यात सेग्रे आणि त्याचा खनिजतज्ज्ञ सहकारी कार्लो पेरिअर यांनी ही समस्या सोडविण्यास प्रारंभ केला.

अमेरिकेतून आणलेल्या मॉलिब्डेनमच्या नमुन्यातून बीटा कणांचे – द्रुत इलेक्ट्रॉनचे – उत्सर्जन होत असल्याचे त्यांना आढळले. याचा अर्थ धातूमध्ये खरोखरच किरणोत्सारी समस्थानिक तयार झाले होते. पण हे समस्थानिक कोणते? खुद्द, मॉलिब्डेनम, झिर्कोनिअम निओबिअम आणि रुदेनिअम, किंवा हरविलेले मूलद्रव्य क्र. ४३ यापैकी कोणत्याही मूलद्रव्याचे हे समस्थानिक असू शकतात.

अतिशय परिश्रमपूर्वक केलेल्या रासायनिक "तपासा" अंती असे आढळून आले की वर उल्लेखिलेल्या मूलद्रव्यांपैकी फक्त ४३ क्रमांकाचे मूलद्रव्य वगळता इतर मूलद्रव्यांचा बीटा-उत्सर्जनाशी काहीच संबंध नाही. या मूलद्रव्यांना दूर सारल्यावर शास्त्रज्ञांना बराच काळ प्रतिक्षा करायला भाग पाडणारे "एका-मँगेनीज" अखेरीस मिळाले. "मिळाले" हा शब्दप्रयोग वापरणे अतिशयोक्ती होईल, कारण केवळ ०.०००,०००,०००,१ ग्रॅम वजनाचे मूलद्रव्य शास्त्रज्ञ हाताळत होते. परंतु भौतिकतज्ज्ञांच्या दृष्टीने मात्र हे वजन अगदी कमी नाही. मेंदेलिव्हिअम (क्र. १०१) चा शोध लागला तेव्हा फक्त १७ अणू मिळाले होते. हा विषय आणखी एक उदाहरण देऊन स्पष्ट करता येईल – टाचणीच्या डोक्यावर मावणारे लोहाचे अणू जर पृथ्वीवर सम-प्रमाणात पसरावयाचे ठरविले तर प्रत्येक चौरस मीटर भागावर दहा लक्ष (!) अणू "बसतील".

मुख्य विषयाकडे आता वळू. जून १९३७ मध्ये सेग्रे आणि पेरिअर यांनी 'नामशेष' झालेल्या मूलद्रव्यांमधील पहिले मूलद्रव्य – टेक्नेशिअम – शोधले.

अधिक खल न करता त्यांनी मूलद्रव्य क्र. ४३ ला टेक्नेशिअम (टेक्नेटोस या ग्रीक शब्दाचा अर्थ 'कृत्रिम' असा होतो) नाव दिले.

टेक्नेशिअम अत्यंत अल्प प्रमाणात मिळाले असले तरी त्याच्या काही गुणधर्मांचे अवलोकन शास्त्रज्ञांना करता आले. हे मूलद्रव्य ऱ्हेनिअमचे अगदी जवळचे नातेवाईक आहे.

कृत्रिमपणे निर्माण केलेल्या आवर्ती कोष्टकातील या नवीन रहिवाशा-बद्दल अधिक माहिती जाणून घेण्याची शास्त्रज्ञांना तीव्र इच्छा होती हे साहजिकच म्हटले पाहिजे. परंतु टेक्नेशिअमचा अभ्यास करण्याआधी ते मिळविले पाहिजे. किरणीयन केलेल्या मॉलिब्डेनमचा या करता उपयोग नव्हता. त्यामधील टेक्नेशिअमचे प्रमाण फारच कमी होते. त्याऐवजी दुसरा कोणतातरी उपयुक्त पदार्थ शोधणे भाग होते.

या शोधाला अधिक वेळ लागला नाही. युरेनिअमवर (अणूभट्टीमध्ये) न्यूट्रॉनचा मारा केल्यावर जे "तुकडे" तयार होतात त्यामध्ये टेक्नेशिअमचे सर्वाधिक आयुष्यमान असलेले समस्थानिक मोठ्या प्रमाणात असतात असे १९४० मध्ये सेग्रे आणि त्याचा सहकारी वू त्सेन सुंग यास आढळले. एक कि. ग्रॅ. वजनाच्या प्रत्येक तुकड्यामध्ये काही ग्रॅम टेक्नेशिअम मिळते. या गोष्टीकडे गंभीरपणे लक्ष द्यावयास हवे. आश्चर्य म्हणजे, अणू-भट्ट्यांना, त्यांच्या प्रमुख कामाव्यतिरिक्त टेक्नेशिअमचे उत्पादन करणाऱ्या कारखान्यांचे स्वरूप प्राप्त झाले.

या कारखान्यातील अगदी पहिले-वहिले उत्पादन – जड, उच्च विलय बिंदू असलेले रूपेरी पांढऱ्या रंगाचे टेक्नेशिअम – अतिशय महाग होते. सोन्यापे-क्षा त्याची किंमत शंभर पटींनी अधिक होती. पण अणूविद्युत प्रकल्प झपाट्याने वाढत होते. आणि अधिकाधिक अणूइंधनाचा वापर होऊन युरेनिअमच्या 'तुकड्यांची' दुर्मिळता कमी होऊ लागली. टेक्नेशिअमची किंमत झपाट्याने घसरली. परंतु त्याची निष्कर्षण-पद्धत अवघड असल्याने किंमत जरा अधिकच राहिली. १९६५ मध्ये, जागतिक बाजारपेठेत या संश्लेषित धातूची किंमत एक ग्रॅमला ९० डॉलर इतकी होती. उलट टेक्नेशिअमचे उत्पादन मिलीग्रॅमच्या काही भागात न मोजता हजारो कि. ग्रॅ. पर्यंत पोचले. टेक्नेशिअमच्या गुणध-र्मांचा सखोल अभ्यास करून कोणत्या क्षेत्रात त्याचे उपयोग होऊ शकतात याचा अंदाज करणे शास्त्रज्ञांना आता शक्य होते.

टेक्नेशिअमची क्षरण-विरोधी क्षमता लवकरच लक्षात आली. क्षरण म्हणजे लूटमार करणारा दुष्ट शत्रू असून प्रतिवर्षी कित्येक दशलक्ष टन पोला-दाचे त्यामुळे आधाशीपणे भक्षण होते. क्षरण-विरोधी क्षमता असलेल्या स्टेनलेस स्टीलचे विगालन करणे धातुशास्त्राला शक्य आहे. पण हा धातू नेहमीच्या पोलादापेक्षा फारच महाग ठरतो. शिवाय पोलादाचे विविध प्रकार असून

क्षरण व झीज-विरोधी पोलादाचे उत्पादन करणे नेहमीच शक्य नसते, तसेच असे स्टेनलेस स्टील तयार करताना लागणाऱ्या क्रोमिअम व निकेलचे प्रमाण खूपच अधिक होईल. धातू-संशोधक, भौतिकतज्ज्ञ आणि रसायनज्ञ क्षरणावर मात करण्यासाठी सतत नवीन मार्ग शोधत आहेत.

क्षरणाची समस्या फार बिकट आहे, पण तरी सुद्धा या क्षेत्रात महत्त्वाची प्रगती झाली आहे. असे आढळून आले आहे की काही पदार्थांमुळे धातूंचा पृष्ठभाग रासायनिक दृष्ट्या अक्रियाशील होतो व म्हणूनच क्षरणापासून त्यामुळे खात्रीने संरक्षण होते. अशा पदार्थांना संदमक म्हणतात. टेक्नेशिअमची संदमक-क्षमता सर्वाधिक आहे. केवळ एक हजारांश टक्के प्रमाण असलेल्या परटेक्नेट (टेक्नेशिअम आम्लाचे संयुग) द्रावणाची पोलादावर क्रिया केली असता एखाद्या अजिंक्य किल्ल्याप्रमाणे पोलाद भक्कम होते. २५०° सें. ग्रे. तपमानावर सुद्धा त्यावर क्षरणाचा यत्किंचितही परिणाम होत नाही.

टेक्नेशिअमचा अजून एक उपयुक्त गुणधर्म म्हणजे अतिवाहकता. निरक्षेप शून्य (–२७३.१६° सें. ग्रे.) तपमानावर पुष्कळ धातू अतिवाहक होतात. म्हणजेच, त्याच्यामधून विद्युत-प्रवाहाला अजिबात विरोध होत नाही. धातू अतिवाहक होते वेळी तपमान जितके अधिक तितका तो धातू औद्योगिक वापराकरता अधिक उपयुक्त ठरतो. या गुणधर्माबाबत, कोणताच धातू टेक्नेशिअमची बरोबरी करत नाही. ८२४ केल्व्हिन (–२६४.९२° सें. ग्रे.) तपमानावर टेक्नेशिअममधून विद्युत प्रवाह अगदी मुक्तपणे वाहतो. ही क्षमता प्राप्त करण्यासाठी इतर धातूंना मात्र याहूनही जास्त "थंड" करावे लागते.

पृथ्वीच्या कवचामध्ये टेक्नेशिअम मिळण्याची आशा शास्त्रज्ञ अजूनही बाळगतात. कारण युरेनिअमचे "तुकडे" निसर्गात तयार होतात असे सैद्धां-

तिकरित्या गृहीत धरणे शक्य आहे. मॉलिब्डेनम, रुदेनिअम, आणि निओबिअमयुक्त पर्वत-खडकांमध्ये टेक्नेशिअम मिळणे शक्य आहे. बाह्य-अवकाशातून येणाऱ्या न्यूट्रॉनमुळे युरेनिअमच्या समस्थानिकांचे मूलद्रव्य क्र. ४३ च्या समस्थानिकांमध्ये रूपांतरण होऊ शकते.

तरीपण पृथ्वीवर टेक्नेशिअमचे फार मोठ्या प्रमाणात साठे तयार होणे संभवत नाही. म्हणूनच, इतर अवकाशस्थ गोलांकडे संशोधकांनी लक्ष केंद्रित केले. १९५१ मध्ये अमेरिकन खगोलतज्ज्ञ कार्लट मूर याने एक सनसनाटी लेख प्रसिद्ध करून सूर्याच्या वर्णपटीय विश्लेषणातून टेक्नेशिअमचा शोध लागल्याचे सांगितले. त्यानंतर एक वर्षाने ब्रिटनच्या आर. मेरिलने शर्मिष्ठा आणि सीटस नक्षत्रामधील काही तारकांच्या वर्णपटात या मूलद्रव्याच्या रेषा शोधल्या. मूरच्या शोधाला भक्कम पुरावा मिळाला नसला तरी इतर शेकडो पंक्तिलेखांनी मात्र दूरवरच्या ताऱ्यांमध्ये टेक्नेशिअमचे अस्तित्व वादातीतपणे सिद्ध केले.

मजेशीर गोष्ट म्हणजे तारकांमधील या मूलद्रव्याचे साठे झिर्कोनिअम, निओबिअम आणि मॉलिब्डेनमच्या साठ्यांबरोबर तंतोतंत जुळतात. म्हणजे शर्मिष्ठा नक्षत्रातील टेक्नेशिअम आणि पृथ्वीवरील टेक्नेशिअम यामध्ये फरक आहे? तारकांमधील टेक्नेशिअम स्थायी असून त्याचे विघटन होत नाही? हे विधान खोडून काढले पाहिजे. पण कदाचित पृथ्वीपेक्षा हे तारे वयाने लहान असल्यामुळे रूपांतरण होण्या-

करता टेक्नेशिअमला अजून संधीच मिळाली नाही? ही शक्यता सुद्धा नाकारली पाहिजे कारण आपली पृथ्वी आणि तारका एकाच "पीढीतील" आहेत.

या प्रश्नावर वाजवी स्पष्टीकरण असे की, काही अवकाशस्थ वस्तूंमध्ये आजही टेक्नेशिअमची निर्मिती होत आहे. ही क्रिया कशी घडून येते हे सांगणे विज्ञानाच्या आवाक्याबाहेरचे आहे. याबाबत फक्त परिकल्पना आहेत. एका सिद्धांतानुसार, उत्क्रांतीच्या काळात ताऱ्यांच्या खोलवर भागात औष्णिक केंद्रकीय अभिक्रिया सतत घडत असतात व त्यामुळे नवनवीन रासायनिक द्रव्यांची निर्मिती होते.

विश्वाच्या अफाट पसाऱ्यात, दूरवरच्या दीर्घीकांमध्ये एक अज्ञात ग्रह असून त्याचा पृष्ठभाग लहान टेकड्या आणि घन अवस्थेतील लाव्हाने अस्वस्थ झाला आहे असे मानण्यास हरकत नसावी. ज्वालामुखीतून बाहेर पडलेले "ताजे" टेक्नेशिअम लाव्हामध्ये असावे. त्याच्या जवळपासच कोठेतरी डाइनॉसॉर चरत आहेत असे सुद्धा आपण मानायचे का?

इंग्रज
शास्त्रज्ञाचा विनोद
(पॅलॅडिअम)

निर्णायक सकाळ – विचित्र जाहिरात – चौकसपणा हा गुन्हा नव्हे – फसवेगिरी करणाऱ्यास उजेडात आणले जाईल – बक्षीसाची रक्कम कशी मिळवाल ? – गोंधळ दूर झाला – केनेव्हिक्सचा फज्जा – देवतेचे नाव : पॅलेस अँथेना – स्पॅनिश सरकारचे काम विशेष काही नाही – नम्र भूमिका – सूर्यावर डाग आहेत ? – सर्व काही सापेक्ष – पांढरे सोने – जिव्हाळ्याचे संबंध – प्रभावी शस्त्र – बाह्य कक्षेत – पॅलॅडिअमचे चमत्कार–सर्वजण खूष – विचार करा – बैंगणी रंगाचा मिश्रधातू – दोन पदके.

रिचर्ड केनेव्हिक्स हा एक प्रसिद्ध इंग्रज शास्त्रज्ञ त्या दिवशी नेहमीपेक्षा जरा लवकरच उठला. बाहेर ढगांमधून पाणी झिरपत होते. संपूर्ण रात्रभर पावसाने झोडपून काढले तरी सुद्धा समाधान न झाल्यामुळेच की काय दिवसा-सुद्धा पाऊस सुरू होता व लंडनमधील इमारतींचीं निरर्थकपणे परीक्षा पहात होता. आपल्याजवळ असलेला पाण्याचा सर्व साठा संपवून टाकण्याचा ढगांनी जणू निर्धारच केला होता.

१८०३ मध्ये त्या ओल्याचिंब दिवसात घडलेल्या एका घटनेमुळे केनेव्हि-क्सच्या शास्त्रीय जगतातील प्रसिद्धीला कलंक लागला नसता, तर एवढ्या बारकाईने आपण हवामानशास्त्रीय निरीक्षण केले नसते.

सकाळी कॉफीचे घुटके घेत वर्तमानपत्र वाचत असताना एक विचित्र व विश्वास न बसणाऱ्या जाहिरातीकडे केनेव्हिक्सचे लक्ष गेले. खनिजांचे संग्राहक व व्यापारी श्रीयुत फॉरस्टर यांनी त्यांच्या दुकानात पॅलॅडिअम नावाचा नवीन धातू अगदी माफक किंमतीत विक्रीस ठेवला असल्याची ती जाहिरात होती. या खनिजाबद्दल जगातील एकाही रसायनज्ञाला अगदी आदल्या दिवसापर्यंत काहीही माहिती नव्हती.

तो विनोद होता, शास्त्रीय गूढ होते किंवा जाहिरातीतील खुबी होती ? अशा प्रकारचा नवीन धातू नसणारच याची केनेव्हिक्सला पुरेपूर खात्री होती, तरीपण उत्सुकता त्याला स्वस्थ बसू देईना. वाईट हवामानाची पर्वा न करता तो दुकानाकडे निघाला.

आश्चर्य म्हणजे फॉरस्टरने केनेव्हिक्सला खरोखरच धातूची एक छोटी

लगड दाखविली. हा धातू प्लॅटिनमसारखा असून वजनात बराच हलका होता. फॉरस्टरने सांगितले की, काही दिवसांपूर्वी एका किंमती कागदावर सुंदर हस्ताक्षरात लिहिलेले एक पत्र त्याला मिळाले. त्या अनामिक पत्रलेखकाने पत्रासोबत एका अज्ञात धातूची लगड विक्रीकरता पाठविली होती. फॉरस्टरजवळ सांगण्यासारखे एवढेच होते. हा धातू खरेदी करून त्याचे विश्लेषण करण्याचे केनेव्हिक्सने ठरविले. शिवाय, नवीन धातूच्या शोधावर हक्क सांगणाऱ्या त्या उद्दाम कियमागाराची सर्वांसमक्ष फजिती करण्याचा डाव त्याने रचला. एवढेच नाही तर या लाजिरवाण्या फसवेगिरीला हातभार लावला म्हणून त्या दुकानदाराला सुद्धा धडा शिकविणे भाग आहे असेही त्याचे मत होते.

केनेव्हिक्सने आपल्या सहकाऱ्यांना हा बेत सांगितला. सर्वजण निष्कर्षांची वाट पाहू लागले. लवकरच, एक लेख प्रसिद्ध करून केनेव्हिक्सने नमूद केले की, तथाकथित पॅलॅडिअम हे नवीन मूलद्रव्य नसून प्लॅटिनम आणि पारा यांचा मिश्रधातू आहे. किमयागाराची फसवेगिरी उजेडात आली असे वाटले, पण त्याबरोबरच त्या गूढ नमुन्यात प्लॅटिनम आणि पारा शोधून काढण्याचे इतर रसायनज्ञांनी केलेले प्रयत्न सुद्धा निष्फळ ठरले. या घटनेमुळे दु:खित होऊन केनेव्हिक्सने घाईघाईने स्पष्टीकरण दिले की, त्या मिश्रधातूमधील पारा आणि प्लॅटिनम इतके एकजीव झाले होते की दोन धातू अलग करणे केवळ अशक्य होते. केनेव्हिक्सने हा मिश्रधातू तयार करण्याची रीत सुद्धा सांगितली.

नवीन धातूभोवतालचे वादळ शमते ना शमते तोच एका शास्त्रीय नियतकालिकात घोषणा आली: "केनेव्हिक्सच्या पद्धतीनुसार अथवा इतर कोणत्याही पद्धतीने एक वर्षाच्या आत प्लॅटिनम आणि पाऱ्यापासून पॅलॅडिअम तयार करून दाखविल्यास २० पौंड (!) रकमेचे बक्षीस देण्यात येईल." बक्षीसाची रक्कम मिळविण्यासाठी इच्छुकांची संख्या खूपच होती. एक वर्ष निघून गेले, पण केनेव्हिक्स अथवा इतर कोणीही व्यक्ती नवीन धातू तयार करू शकली नाही.

एक वर्षाची मुदत संपल्यावर थोड्याच दिवसांनी १८०४ मध्ये लंडनच्या रॉयल सोसायटीचा (म्हणजेच ॲकॅडमी ऑफ सायन्सेस) सचीव, प्रख्यात रसायनज्ञ व डॉक्टर विल्यम वोलस्टन याने सोसायटीच्या बैठकीत सांगितले की प्लॅटिनमचे विश्लेषण करत असताना त्यास एक धातू आढळला. केनेव्हिक्सने मागील वर्षी जो धातू खरीदला त्याचे गुणधर्म या धातूशी मिळतेजुळते होते. या धातूबरोबरच दुसरा धातूसुद्धा होता. या धातूला ऱ्होडिअम नाव दिले. बक्षीस जाहीर करणाऱ्या नियतकालिकाला १८०५ च्या सुरुवातीस वोलस्टनने खुले पत्र लिहून कळविले की पॅलॅडिअम बाबत ज्या खळबळजनक घटना घडल्या त्याबद्दल तो स्वत:च जबाबदार आहे. नवीन धातूचा त्यानेच शोध लावला असून विक्रीसाठी फॉरस्टरकडे हा धातू त्यानेच पाठविला होता. इतकेच काय पण २० पौंडाचे बक्षीस सुद्धा त्यानेच लावले होते.

स्वत: लावलेला शोध इतक्या विलक्षण पद्धतीने उघड करण्यात वोलस्टनचा काय हेतू होता ते सांगणे कठीण आहे. पण केनेव्हिक्सच्या दृष्टीने मात्र हा मार्ग घातक ठरला. आपल्या घोडचुकीमुळे भांबावून जाऊन त्याने रसायनशास्त्रालाच रामराम ठोकला.

नवीन धातूला पॅलॅडिअम हे नाव देऊन वोलस्टनने जर्मन खगोलतज्ज्ञ एच. ऑलवर्सला मान दिला. या खगोलतज्ज्ञाने १८०२ मध्ये एका नवीन लघुग्रहाचा शोध लावून पॅलस अँथेना या ग्रीक बुद्धीदेवतेच्या नावावरून त्यास पॅलास नाव दिले होते.

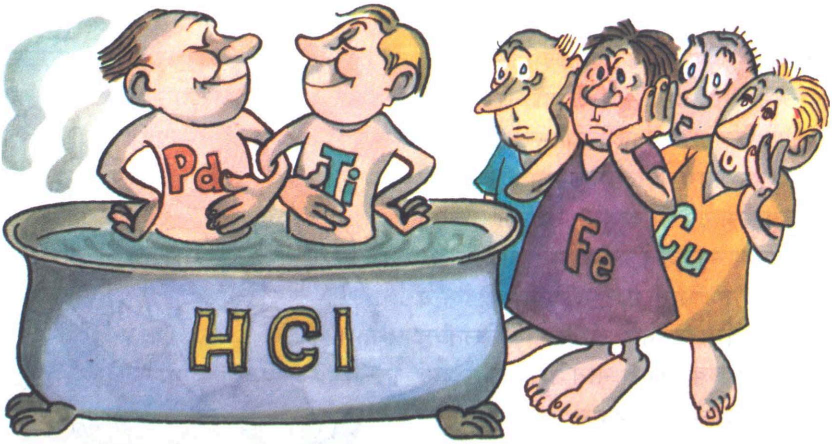
सुमारे वीस वर्षांनंतर रशियामधील गोर्नी जर्नल (खाणकाम विषयक नियतकालिक) मध्ये पुढील वृत्तांत आला: "१८२२ मध्ये स्पॅनिश सरकारने जी. ब्रेअन यास अमेरिकेत आजवर सापडलेले प्लॅटिनम शुद्ध करून त्याच्या लगडी तयार करण्यास सांगितले. त्यानुसार ६१ पुडस्* कच्च्या प्लॅटिनमवर प्रक्रिया करून २.५ पौंड पॅलॅडिअम अलग केले. या धातूची किंमत सोन्यापेक्षा ५.५ पटींनी अधिक होती, कारण ते अतिशय दुर्मिळ होते.

पृथ्वीच्या कवचामधील सर्व मूलद्रव्यांचे प्रमाण कमी-अधिक अचूकतेने आज सांगता येते. सोन्यापेक्षा पॅलॅडिअमचे प्रमाण १० पट अधिक आहे असा अंदाज आहे. भूरसायनज्ञांना या मूलद्रव्याची तीस खनिजे ठाऊक आहेत. परंतु प्लॅटिनम समूहातील इतर धातूंप्रमाणेच पॅलॅडिअमचे साठे काहीसे अपुरेच म्हणजे फक्त $५.१०^{६}$ टक्के एवढेच आहेत. प्लॅटिनम समूहातील इतर धातूंपासून जरा दूर होऊन पॅलॅडिअमबरोबर नैसर्गिकरित्या प्लॅटिनम आढळते. एक नियम असा की या धातूबरोबर प्लॅटिनम, इरिडिअम, सोने आणि रूपे यांची भेसळ झालेली असते. कधी कधी प्लॅटिनम अथवा सोन्यामध्ये पॅलॅडिअमसुद्धा भेसळ म्हणून आढळते. प्राकृतिक सोन्याच्या एका अतिशय दुर्मिळ प्रकारामध्ये (पॉरपेझाइट) ८ ते ११ टक्के पॅलॅडिअम असून ते ब्राझीलमध्ये सापडले आहे.

पॅलॅडिअमचे साठे काहीसे दुर्मिळ असल्याकारणाने त्याच्या निष्कर्षणासाठी निकेल आणि तांब्याची सल्फाइड धातुके कच्चे द्रव्य म्हणून वापरण्यात येतात.

---

* एक पुड म्हणजे १६.३८ कि. ग्रॅ. — सं.



या ठिकाणी एक उप-पदार्थ म्हणूनच प्लॅटिनमला स्थान मिळाले. परंतु त्याचे मूल्य मुळीच कमी होत नाही. ट्रान्सवाल प्रदेशात आणि कॅनडामध्ये या धातूचे बरेच साठे आहेत. सोविएत भूतज्ज्ञांना नॉरिलस्क प्रदेशात तांबे-निकेल धातुकाचे प्रचंड साठे आढळले. त्यामध्ये प्लॅटिनमवर्गीय धातू – प्रामुख्याने पॅलॅडिअम – आहे.

पॅलॅडिअम इतर अवकाशस्थ वस्तूंमध्येही आढळते. उल्का-पाषाणांच्या संरचनेवरून हे सिद्ध झाले आहे. लोहमय उल्कांमध्ये प्रती टन ७.७ ग्रॅम, तर खडकरूपी उल्कांमध्ये ३.५ ग्रॅम पॅलॅडिअम असते. सूर्यावर डाग असल्याचे आपणा सर्वांना माहीत आहेच, पण तेथे पॅलॅडिअम सुद्धा आहे हे कोणाला माहीत नसावे. १८६८ मध्ये गॅलिअमबरोबरच पॅलॅडिअमचा शोध तेथे लागला होता.

लोहापेक्षा पॅलॅडिअम दीड पटीने वजनदार असूनसुद्धा त्याच्या "सहकाऱ्यांमध्ये" म्हणजेच प्लॅटिनम समूहातील धातूंमध्ये पॅलॅडिअमची गणना "हलक्या वजनाचा धातू" म्हणूनच होते – पलॅडिअम धातू घनतेमध्ये (१२ ग्रॅम/सें. मी.^{3}), ऑस्मिअम (२२.५ ग्रॅम/सें. मी.^{3}), इरिडिअम (२२.४ ग्रॅम/सें. मी.^{3}) व प्लॅटिनम (२१. ४५ ग्रॅम/सें. मी.^{3}) पेक्षा खूपच खालच्या क्रमांकावर आहे. इतर धातूंपेक्षा त्याचा विलय-बिंदू सुद्धा फारच कमी (१५५२° सें. ग्रे.) आहे. घरातील तपमानात सुद्धा पॅलॅडिअम वर्धनीय आहे. त्याचे आकर्षक स्वरूप, पॉलिश टिकविण्याची क्षमता, तसेच फिका पडणे अथवा गंजणे या पासून तो सुरक्षित असल्यामुळे पॅलॅडिअम हा जवाहिऱ्यांचा आवडता धातू असून दागिन्यांच्या व हिऱ्यांच्या कोंदणामध्ये त्याचा उपयोग करतात.

वर्तमानपत्रामध्ये अनेक शब्दप्रयोग आपण पाहतो. तेलासाठी "काळे सोने", प्राण्यांच्या अंगावरील लव अथवा लोकरीला "मृदू सोने", तर वनसंपत्तीचा उल्लेख "हिरवे सोने" असा करतात. "पांढरे सोने" असा उल्लेख

जेव्हा असतो, तेव्हा त्यांना कापूस अभिप्रेत असतो. परंतु प्रत्यक्षात मात्र सोने-सुद्धा पांढरे असू शकते. सोन्यामध्ये चिमूटभर पॅलॅडिअम मिसळले तर सोन्याचा पिवळा रंग जाऊन त्यास पांढरा रंग प्राप्त होतो. श्वेतवर्णीय सोन्याची घड्याळे, बांगड्या आणि हिऱ्यांची कोंदणे फारच मोहक असतात.

पॅलॅडिअम आणि टिटॅनिअमची मैत्री खूपच उपयुक्त ठरली आहे. टिटॅनि-अमची झीज-विरोधी क्षमता उत्तम असते. आम्लराज किंवा नायट्रिक आम्ला-सारखी "सर्वभक्षक" द्रव्ये सुद्धा टिटॅनिअमची "चव" घेऊ शकत नाहीत. तरीपण संहत सल्फुरिक आम्ल आणि हायड्रोक्लोरिक आम्लामुळे टिटॅनिअमची झीज होते. परंतु एकदा का टिटॅनिअमला पॅलॅडिअम "व्हिटॅमिन" चा डोस दिला की या हल्लेखोरांना विरोध करण्याची टिटॅनिअमची क्षमता खूपच वाढते. रासायनिक उद्योग, तेल-उद्योग आणि अणू-उद्योगातील सामग्रीमध्ये उपयोग करण्याकरता सोविएत संघामध्ये असा मिश्रधातू तयार करण्यात येतो. हायड्रो-क्लोरिक आम्लामध्ये या नवीन धातूची पट्टी एक वर्ष ठेवली तरी त्याची लांबी फक्त ०.१ मि मी. ने कमी होते. या उलट शुद्ध टिटॅनिअमचे मात्र या हल्लेखोरामुळे प्रतिवर्षी २ मि. मी. नुकसान होते.

टिटॅनिअमवर पॅलॅडिअमचा एवढा प्रभाव का पडतो? नुकत्याच शोध लागलेल्या स्वयंरक्षण या आविष्कारामध्ये या प्रश्नाचे उत्तर सापडते: टिटॅनिअम, लोह, क्रोमिअम किंवा शिसे या धातूंवर आधारित मिश्रधातूमध्ये अगदी सूक्ष्म प्रमाणात पॅलॅडिअम, रुदेनिअम आणि प्लॅटिनम हे राजस धातू मिसळल्यास त्यांची क्षरण-विरोधी क्षमता शंभर पटींनी नव्हे, तर हजारो पटींनी वाढते.

सोविएत संघाच्या शास्त्र अकादमीच्या भौतिक रसायनशास्त्र संस्थेच्या प्रयोगशाळेतील कर्मचाऱ्यांनी क्रोमिअम पोलादावरील पॅलॅडिअमच्या परिणामाचे निरीक्षण केले. यंत्रांमध्ये हे पोलाद वापरल्यास विविध आम्लांच्या प्रभावा-खाली काही दिवसांतच ते खलास होते. कोणताही धातू आम्लामध्ये बुडविला असता त्यातील धन आयॉन द्रवामध्ये विसरित होतात. तर मुक्त झालेल्या हायड्रोजनचे धन आयॉन द्रवामधून धातूच्या नालकात जातात व तेथील मुक्त इलेक्ट्रॉनशी संयोग पावतात. या क्रियेत तयार झालेला हायड्रोजन वायू धातूचा नाश करतो. त्याच पोलादात जर अल्प प्रमाणात (काही टक्के) पॅलॅडिअम मिसळले तर क्षरण-क्रिया फक्त काही सेकंदच होते व नंतर थांबते. याचे कारण म्हणजे सर्वात आधी आम्लाची क्रिया पॅलॅडिअमवर होते. त्यामुळे धातूच्या पृष्ठभागावर ऑक्साइडचा पातळ पापुद्रा तयार होतो, जणू यंत्राच्या त्या भागाने "सरक्षक कपडे" घातले आहेत अशा तऱ्हेने शस्त्रसज्ज झालेले पोलाद जवळजवळ अजिंक्य ठरते: उक-ळत्या सल्फुरिक आम्लात सुद्धा क्षरणाचा वेग प्रतिवर्षी फक्त १/१० मि. मी. राहतो (नेहमीचे पोलाद कित्येक सें. मी. कमी झालेले असते).

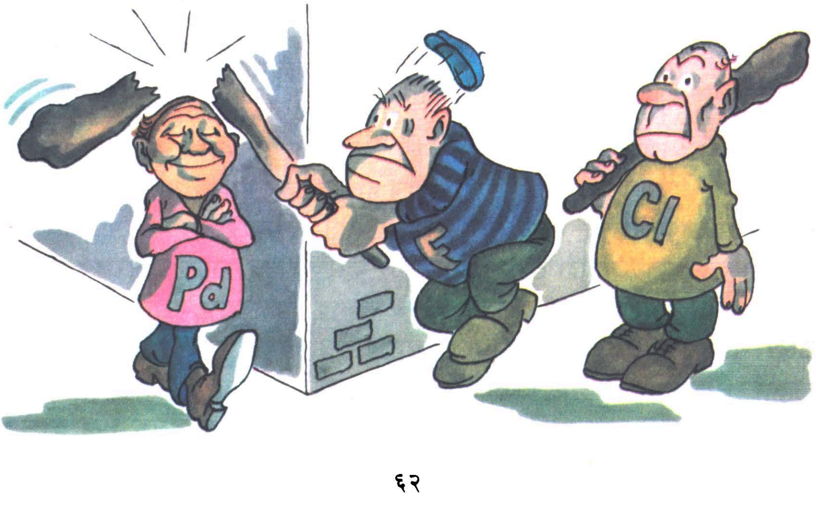
पॅलॅडिअमवर सुद्धा इतर मूलद्रव्यांचा प्रभाव पडतोच. रुदेनिअम (४ टक्के)

आणि ऱ्होडिअम (१°/ₒ) यासारखे धातू मिसळले असता पॅलॅडिअमचे तन्यता सामर्थ्य जवळजवळ दुपटीने वाढते.

इतर धातूंबरोबरील (प्रामुख्याने रूपे) पॅलॅडिअमचे मिश्रधातू दंत-वैद्यक-शास्त्रात वापरले जातात. (त्यांच्यापासून उत्तम कृत्रिम दात बनविता येतात.) इलेक्ट्रॉनिक साधने, टेलिफोन आणि इतर उपकरणांमधील महत्त्वाच्या स्पर्श-बिंदूंवर पॅलॅडिअमचे आवरण दिलेले असते. अनेक मुद्रा आणि जनित्रामधील बहूमार्गी झडपा या धातूपासून तयार करतात. या झडपांमधून खास कच्चा पदार्थ दाबून त्यापासून अत्यंत बारीक तारा आणि कृत्रिम धागे तयार करतात. ताप-युग्मांमध्ये आणि वैद्यकीय उपकरणांमध्ये सुद्धा पॅलॅडिअम असतेच.

पॅलॅडिअमचे रासायनिक गुणधर्म अगदी अद्वितीय आहेत. आजवर माहीत असलेल्या मूलद्रव्यांपेक्षा पॅलॅडिअम एकदम वेगळे आहे. त्याच्या बाह्य कक्षेत १८ इलेक्ट्रॉन आहेत. म्हणजेच पॅलॅडिअमच्या अणूमधील बाह्य कवच पूर्णपणे भरलेले आहे. पॅलॅडिअमला यामुळेच अगदी अपवादात्मक रासाय-निक स्थिरता लाभली आहे. नेहमीच्या स्थितींमध्ये अगदी सर्वशक्तिमान फ्लुओ-रिनसुद्धा पॅलॅडिअमबाबत हतबल ठरते. हत्तीला डासाने चावा घेण्याइतपतच फ्लुओरिनमुळे पॅलॅडिअमचे नुकसान होते. फक्त उच्च तपमानातच (५००° सें. ग्रे. किंवा अधिक) फ्लुओरिन किंवा इतर प्रभावी ऑक्सिडीकारक पॅलॅडिअमबरोबर संयोग पावतात.

काही वायूंचे, प्रामुख्याने हायड्रोजनचे पॅलॅडिअमकडून प्रचंड प्रमा-णात शोषण (भौतिकतज्ज्ञ व रसायनज्ञ त्याला 'अधिधारण करणे' असे म्हणतात) होते. खोलीतील तपमानात एक घन मी. पॅलॅ-डिअम ८०० पट वस्तुमान असलेला हायड्रोजन शोषतो. यामुळे साहजिकच धातूवर सुद्धा परिणाम होतोच – तो फुगतो आणि नंतर फुटतो.



हायड्रोजनसंबंधी पॅलॅडिअमचा अजुन एक गुणधर्म सुद्धा तितकाच लक्षवेधक आहे. पॅलॅडिअमच्या भांडचात हायड्रोजन भरला आणि भांडे हवाबंद करून तापविले तर चाळणीतून जसे पाणी झिरपते, तितक्या सहजपणे पॅलॅडिअमच्या भांडचातून हायड्रोजन बाहेर येतो. २४०° सें. ग्रे. तपमानावर एक मि. मी. जाडीच्या व एक चौरस सें. मी. क्षेत्रफळाच्या पॅलॅडिअमच्या पट्टीतून दर मिनीटाला ४० घन सें. मी. हायड्रोजन बाहेर पडतो. तपमान वाढविले असता वायू झिरपण्याची क्षमता वाढते.

इतर प्लॅटिनम-वर्गीय धातूंप्रमाणेच पॅलॅडिअमसुद्धो एक उत्कृष्ट उत्प्रेरक आहे. या गुणधर्माबरोबरच, हायड्रोजन आरपार करण्याची क्षमता सुद्धा असल्यामुळे मॉस्कोमधील रसायनज्ञांनी नुकत्याच शोधलेल्या एका घटनेचे स्पष्टीकरण देता येते: केवळ एकाच उत्प्रेरकाच्या साहाय्याने दोन परस्पर अभिक्रियांचा वेग वाढतो हा तो प्रयोग आहे. जणू काय दोन्ही अभिक्रिया एकमेकीस मदत करतात व त्यात भाग घेणारे पदार्थ मात्र एकमेकात मिसळत नाहीत.

कल्पना करा, आपल्याजवळ एक भांडे असून पॅलॅडिअमच्या पडद्याने त्याचे दोन भाग केले आहेत. एका भागात ब्यूटीन तर दुसऱ्या भागात बेंझीन आहे. हायड्रोजनवर आडवा हात मारणारा पॅलॅडिअम सर्वप्रथम ब्यूटीनमधील हायड्रोजन "पिळून" काढतो. हा हायड्रोजन पडद्यामधून दुसऱ्या भागात जातो व बेंझीनच्या अणूंबरोबर संयोग पावतो. हायड्रोजनचे हरण केल्यामुळे ब्यूटीनचे रूपांतर ब्यूटाडाएन (कृत्रिम रबर तयार करण्यासाठी वापरले जाणारे कच्चे द्रव्य) मध्ये होते, तर हायड्रोजनचे शोषण केल्यामुळे बेंझीनपासून सायक्लोहेक्झेन तयार होते. (यापासून कॅप्रॉन व नायलॉन तयार करतात). बेंझीन बरोबर हायड्रोजनची अभिक्रिया होताच उष्णता निर्माण होते. म्हणजेच, अभिक्रिया सुरू ठेवायची असेल तर उष्णता काढून टाकली पाहिजे. परंतु इकडे ब्यूटीन मात्र उष्णतेच्या बदल्यातच स्वतःचे अणू मुक्त करतो. दोन्ही अभिक्रिया "एकाच छपराखाली" घडत असल्यामुळे एका भागात निर्माण होणारी उष्णता दुसऱ्या भागात वापरली जाते. या भौतिक आणि रासायनिक क्रियांचे एकत्रीकरण पॅलॅडिअम पडद्याच्या उत्प्रेरकामुळेच शक्य होते.

पॅलॅडिअम पडद्याच्या उत्प्रेरकामुळेच कच्चे तेले व वेष्टन-वायूपासून अगदी शुद्ध हायड्रोजन मिळविता येतो. हाच हायड्रोजन अर्धवाहक, इतर शुद्ध धातूंच्या उत्पादनात इतर गोष्टींबरोबरच आवश्यक ठरतो.

सध्या पॅलॅडिअम फारसे महाग नाही. प्लॅटिनमच्या किंमतीच्या एक पंचमांश त्याची किंमत आहे. या कारणास्तव दरवर्षी पॅलॅडिअमचे क्षेत्र वाढत आहे. त्याच्या उपयोगाची नवनवीन क्षेत्रे कॉम्प्युटरच्या साहाय्याने शोधून काढता येतील. फक्त "विचार करण्यासाठी" त्यांना काहीतरी खाद्य पुरविले पाहिजे.

कॉम्प्युटर बुद्धीबळ खेळतात, उत्पादन-पद्धतींवर नियंत्रण ठेवतात, परकी भाषांमध्ये अनुवाद करतात आणि अवकाशमोहीमांचे मार्ग ठरवितात हे आज आश्चर्य राहिलेले नाही. तर मग अगदी अद्वितीय गुणधर्म असलेल्या नवीन मिश्रधातूंची निर्मिती त्यांना का बरे करता येणार नाही?

काही वर्षांपूर्वी, सोविएत संघाच्या शास्त्र अकादमीच्या बैकोव्ह धातूशास्त्रीय संस्थेमधील कर्मचाऱ्यांनी नेमके हेच कार्य हाती घेतले होते. सुरुवातीला आवश्यक नियतरीती (आज्ञा घेण्याची भाषा) निश्चित करण्यात आली. त्यानंतर सुमारे १५०० प्रायोगिक मिश्रधातूंमधील घटकांची आण्विक संरचना विलय बिंदू, स्फटिक-जालांचे प्रकार इत्यादी संशोधनात्मक माहिती मिन्स्क-२२ संगणकाच्या स्मृती-भागात ठेवण्यात आली. संगणकाचे काम म्हणजे या माहितीच्या आधारावर नवीन मिश्रधातूंचे भाकीत करणे, त्यांची प्रमुख वैशिष्ट्ये सांगणे, ज्यामुळे त्यांच्या उपयोगांची नवीन कार्यक्षेत्रे उजेडात येतील.

पूर्वीच्या पद्धतींनी – "हातांनी" – म्हणजेच प्रमाणीत प्रयोगांनी – अशा प्रकारच्या समस्या सोडविण्याची नुसती कल्पना करा. निवडलेल्या प्रत्येक धातूत दुसरा धातू मिसळणे, त्यापासून मिळालेल्या मिश्रधातूचे नमुने तयार करणे व या नमुन्यांचा भौतिक आणि रासायनिक अभ्यास करणे आवश्यक होते. आणि समजा तीन, चार किंवा पाच घटक असलेल्या मिश्रधातूंचा अभ्यास करायचा असेल तर? ते खरोखरच एक दिव्य ठरेल आणि हे काम पूर्ण होण्यास कित्येक वर्षेच नव्हे, तर शतके सुद्धा लागतील. तसेच, या कामाखाठी काही दुर्मिळ आणि महाग धातू भरपूर प्रमाणात लागतील. ऱ्हेनिअम, इंडिअम, किंवा पॅलॅडिअमसारख्या मूलद्रव्यांचा निसर्गाजवळ पुरेसा साठा सुद्धा नाही.

कॉम्प्युटरचे वैचारिक 'खाद्य' म्हणजे आकडे, सूत्रे व संज्ञा हे होत. त्यामानाने त्याची "उत्पादकता" साहजिकच अतुलनीय आहे. अफाट शास्त्रीय माहिती काही क्षणांतच देण्याची क्षमता कॉम्प्युटरजवळ आहे.

सोविएत संघाच्या शास्त्र अकादमीचे संलग्न सभासद वाय एम. सवित्सकी यांच्या मार्गदर्शनाखाली केलेल्या कार्यामुळे कॉम्प्युटरच्या साहाय्याने नवीन मिश्रधातूंचे भाकीत करणे व नंतर त्यांची निर्मिती करणे शक्य झाले आहे.

"कॉम्प्युटरने जन्म दिलेल्या" धातूंमध्ये सर्वप्रथम पॅलॅडिअम मिश्रधातूंचा

समावेश होतो. त्यामध्ये फिकट जांभळया रंगाचा सुंदर पॅलॅडिअम-इंडिअम मिश्रधातु सुद्धा आहे. पण या नवीन "कामगाराबद्दल" रग ही काही महत्त्वाची बाब ठरत नाही. त्याचे व्यावसायिक गुण सर्वात महत्त्वाचे आहेत. याबाबत हा मिश्रधातू मुळीच कमी ठरत नाही. बैकोव्ह धातूशास्त्रीय संस्थेमध्ये विकसित केलेल्या पॅलॅडिअम-टंगस्टन मिश्रधातूमुळे इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांची विश्वासनीयता आणि सेवाकाल २० पटींनी वाढतो.

सवित्सकी लिहितात "साध्या मिश्रणाने तयार होणाऱ्या मिश्रधातूंच्या बाबतीत 'कॉम्प्युटर भाकीता'चा उपयोग करत नाहीत. परंतु उच्च दाब, तपमान, विद्युत आणि चुंबकीय क्षेत्रांना न जुमानता टिकाव धरू शकणारे मिश्रधातू तयार करताना अतिशय गुंतागुंतीच्या जुळण्या कराव्या लागतात. अशा वेळी मात्र कॉम्प्युटरची मदत आवश्यक ठरते." अतिवाहकतेचा गुणधर्म असलेली सुमारे ८०० संयुगे आणि विशेष चुंबकीय गुणधर्म असलेल्या सुमारे १००० मिश्रधातूंचे भाकीत कॉम्प्युटरने केलेले आहेच. या व्यतिरिक्त दुर्मिळ-मृत्तिका मूलद्रव्यांच्या ५००० जुळण्या कॉम्प्युटरने सुचविल्या असून आजवर त्यापैकी फक्त एक-पंचमांश जुळण्या ठाऊक होत्या. युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्यांसंबंधी सुद्धा खूपच मौल्यवान माहिती प्राप्त झाली आहे.

सवित्सकी यांच्या म्हणण्यानुसार "अकार्बनी संयुगांचे संश्लेषण करण्यास खूपच वाव आहे. पुढील काही वर्षात अशा प्रकारच्या संयुगांची संख्या दहा पटींनी वाढेल. या संयुगांमध्ये अगदी नवीन रासायनिक आणि भौतिक गुणधर्म असलेले पदार्थ असतील हे निर्विवाद. राष्ट्रीय अर्थव्यवस्था आणि आधुनिक तंत्रज्ञानासाठी अशी संयुगे आवश्यक आहेत."

पॅलॅडिअमची कथा संपविण्यापूर्वी पॅलॅडिअमपासूनच तयार केलेल्या दोन पदकांचा इतिहास सांगतो. यापैकी पहिले पदक वॉलस्टनच्या सन्मानार्थ लंडन जिऑलॉजिकल सोसायटीने सुमारे दीडशे वर्षांपूर्वी ठेवले होते. सुरुवातीला हे पदक सोन्याचे होते, पण नंतर जेव्हा जॉन्सन या इंग्लिश खनिजतज्ज्ञाने ब्राझीलमधील पॉरपेझिट धातुकापासून पॅलॅडिअमचे निष्कर्षण केले तेव्हा मात्र ते पॅलॅडिअमपासून तयार करण्यात आले. १९४३ मध्ये वॉलस्टन पदक प्रसिद्ध सोविएत भू-रसायनज्ञ व खनिजतज्ज्ञ अकादमीशिअन फर्समान यांना देण्यात आले. हे पदक सध्या सोविएत संघाच्या शासकीय ऐतिहासिक वस्तुसंग्रहालयामध्ये ठेवण्यात आले आहे. दुसरे पॅलॅडिअम पदक, विद्युत-रसायनशास्त्र आणि क्षरण-क्रियांच्या सिद्धांतांचां अभ्यास करण्यासाठी अमेरिकन इलेक्ट्रो-केमिकल सोसायटीने ठेवले. १९५९ मध्ये प्रख्यात सोविएत विद्युत-रसायनज्ञ, अकादमीशिअन ए. एन. फ्रुमकिन यांना ते प्रदान करण्यात आले.

Cd

फोनिशिआतील कॅडमसच्या स्मरणार्थ
(कॅडमिअम)

कडक निरीक्षक – पिवळ्या अवशेषाचे रहस्य – दंतकथांशी निगडीत – प्राधान्यावर हक्क – क्राय द कोअर – विश्‍वसनीय बहाणा – कॅडमिअमचा अंगरखा – आगंतुक पाहुणा – अद्ययावत पद्धतीचे कल्ले – भक्कम कोळीस्टक निकेल – कॅडमिअम घट – अंतराळवीरांसाठी नवा वस्तरा – विश्‍वसनीय पेसमेकर – हाताच्या ठशांचा शोध – कार्यमग्न त्रिमूर्ती – अणूभट्टीमध्ये – बाह्य-प्रदेशातील काम – दीपगृहावरील दिवे – अवाजवी किंमती – अवकाशातील निर्मिती – काळी बाजू – अतिशय दुर्मिळता.

त्या गोष्टीला तपासानेच सुरुवात झाली. रहस्यकथा प्रेमींना अगोदरच इशारा द्यावासा वाटतो की त्यांच्या पदरात निराशा पडेल. त्या तपासामुळे गुंडांची टोळी पकडली गेली नाही, तर ... एका नवीन रासायनिक मूलद्रव्याचा शोध लागला.

या सर्व घटना गत शतकाच्या सुरुवातीस जर्मनीमध्ये घडल्या. रोलो नावाचा जिल्हा वैद्यकीय अधिकारी जिल्ह्यातील औषधांच्या दुकानाचे निरीक्षण करत होता. त्यापैकी अनेक दुकानात झिंक ऑक्साइडचा अंतर्भाव असलेली औषधे विकावयास ठेवलेली होती. या औषधांमध्ये अर्सेनिक असावे असा संशय त्याला आला. अर्सेनिकचा अनेक शोकांतिकांशी संबंध असल्याने हे मूलद्रव्य अतिशय कुप्रसिद्ध झाले होते (अर्सेनिकमुळे नेपोलिअनचा मृत्यू झाला, असे अजूनही काही इतिहासकारांना वाटते). रोलोने या औषधांच्या विक्रीवर बंदी घातली आणि जप्त केलेल्या ऑक्साइडचे विश्‍लेषण केले. त्या जागरूक डॉक्टरने केलेल्या पहिल्याच प्रयोगात आढळले की त्याने घेतलेली काळजी अनाठायी नव्हती. ऑक्साइडवर हायड्रोजन सल्फाइडची अभिक्रिया केल्यावर त्याला पिवळ्या रंगाचा अवक्षेप मिळाला. हा अवक्षेप अगदी तंतोतंत अर्सेनिक सल्फाइडप्रमाणेच होता. ही दुर्दैवी औषधे तयार करणाऱ्या कारखा-न्याचा मालक हर्मान नावाचा एक गृहस्थ होता. तो सहजासहजी हार पत्करणारा नव्हता. व्यवसायाने तो रसायनज्ञ होता. त्यावेळी माहीत असलेल्या सर्व पद्धती वापरून औषधांमध्ये अर्सेनिक आहे काय याचा शोध त्याने घेतला. त्याला मिळालेले निष्कर्ष रोलोच्या संशयाविरुद्ध होते. म्हणून, आपल्या औषधाचे "पुनर्वसन" करण्यासाठी स्थानिक अधिकाऱ्यांना त्याने विनंती केली.

या विषयावर कोणताही निर्णय देण्याअगोदर प्रोफेसर स्ट्रॉमेअरचे मत अजमावणे केव्हाही उचित असे हॅनोव्हर प्रदेशातील अधिकाऱ्यांना वाटले. गॉटींगेन विद्यापीठात स्ट्रॉमेअर रसायनशास्त्र विभागाचा अध्यक्ष होता व हॅनोव्हर प्रदेशातील औषधांच्या दुकानांचा इन्स्पेक्टर जनरल म्हणून अर्धवेळ काम करीत होता.

हर्मानचा कारखाना स्कॉनेबेक येथे होता. झिंक ऑक्साइड असलेल्या औषधांचे नमुने स्कॉनेबेकहून गोटिंगेनकडे रवाना झाले आणि इन्स्पेक्टर जनरलने लवादाचे काम करण्यास सुरुवात केली. झिंक ऑक्साइड मिळविण्यासाठी स्कॉनेबेक येथील रसायनज्ञ झिंक कार्बोनेटचे भस्मीकरण करत. स्ट्रॉमेअरने सुद्धा तीच पद्धत अनुसरली. पण आश्चर्य असे की त्याला मिळालेला पदार्थ पिवळ्या रंगाचा होता, तर झिंक ऑक्साइड पांढऱ्या रंगाचे असते.

संयुगामध्ये लोह असल्यामुळे पिवळा रंग प्राप्त झाला, असे स्पष्टीकरण हर्मानने दिले. तर ते अर्सेनिकच आहे असे रोलोचे ठाम मत होते. स्ट्रॉमेअरने झिंक कार्बोनेटचे संपूर्ण विश्लेषण करून एक नवीन धातू शोधला, हा धातू जस्तासारखाच दिसत होता, पण हायड्रोजन सल्फाइडच्या साहाय्याने तो जस्तापासून सहज वेगळा करता आला. या धातूचा जस्ताशी संबंध पाहता त्यास कॅडमिअम असे नाव देण्यात आले: प्राचीन काळापासून जस्ताच्या धातू-काला ग्रीकमध्ये कॅडमिआ असे संबोधिण्यात येत होते. एका दंतकथेनुसार, फोनिशिआतील कॅडमस नावाच्या रहिवाशावरून कॅडमिअम शब्द तयार झाला. कॅडमसला सर्वप्रथम जस्ताचा खडक मिळाला. विगालनाच्या क्रियेत जस्तामुळे तांब्यावर सोनेरी छटा येत असल्याचे त्याने पाहिले. कॅडमस नावाच्या अजून एका व्यक्तीचा दंतकथेत उल्लेख आढळतो. तो या कथेतील नायक होता.

एका घनघोर युद्धात त्याने ड्रॅगनवर विजय मिळविला व त्याच्याच भूमीवर कॅडमिआचा किल्ला बांधला. कालांतराने या किल्ल्याच्या सभोवती सात प्रवेश-द्वार असलेले थीबस हे शहर वसले.

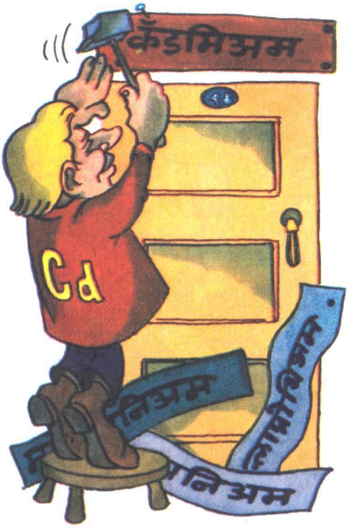
१८१८ मध्ये स्ट्रॉमेअरने एक लेख प्रसिद्ध करून नवीन धातूची विस्तृत माहिती सांगितली. त्यानंतर लगेचच, कॅडमिअमच्या शोधावर अग्रक्रमाने हक्क सांगणाऱ्यांची झुंबड उडाली. यामध्ये रोलोचा क्रमांक पहिला होता. त्याचा उल्लेख आपण केलेला आहेच. रोलोचा दावा आधारहीन असल्यामुळे कॅडमिअमच्या शोधाचा मान त्याला देण्यात आला नाही. त्यानंतर काही काळाने स्ट्रॉमेअर आणि जर्मन रसायनज्ञ कर्स्टेन यांनी स्वतंत्रपणे सिलेसिआमधील जस्ताच्या धातुकातून कॅडमिअम मिळविले. त्याच्या सल्फाइड संयुगाच्या रंगावरून (बिहीप्रमाणे पिवळा रंग) त्यास मेलिनम हे नाव देण्याचे सुचविले. गिलबर्ट आणि जॉन यांनाही नवीन धातू अल्प प्रमाणात मिळाला. या धातूचे नाव जूनोनिअम (१८०४ मध्ये जुनो नामक लघुग्रहाचा शोध लागला होता) ठेवावे असे त्यापैकी एका व्यक्तीने सुचविले. तर दुसऱ्यांने क्लॅपरॉथिअम (युरेनिअम, झिर्कोनिअम आणि टिटॅनिअमचा जनक प्रख्यात जर्मन रसायनज्ञ मार्टिन क्लॅपरॉथच्या सन्मानार्थ) हे नाव सुचविले. विज्ञानाची महान सेवा करून सुद्धा नवीन मूलद्रव्याला स्वतःचे नाव मिळण्याचे भाग्य मात्र क्लॅपरॉथला लाभले नाही. कॅडमिअम शेवटी कॅडमिअम म्हणूनच ओळखले गेले.

शुद्ध कॅडमिअम काहीसे जड (लोहापेक्षा जड) व मृदू सुद्धा आहे. कॅडमिअमचा दांडा वाकविला असता त्यातील स्फटिकांमध्ये विरुपता निर्माण होते व कडकड आवाज येतो. हा गुणधर्म कथीलात सुद्धा आढळतो ("पत्र्याचे कडाडणे").

कॅडमिअमचा विलय-बिंदू कमी असल्यामुळे (३२१° सें. ग्रे.) कमी तपमानावर वितळणाऱ्या मिश्रधातूंमध्ये त्याचा पुष्कळ वापर होतो. वुडचा मिश्रधातू (१२.५ टक्के कॅडमिअम) हा त्यापैकीच एक होय. विशेष प्रसिद्ध नसलेल्या वुड या ब्रिटिश अभियंत्याने हा मिश्रधातू विकसित केला. कदाचित म्हणूनच या धातूचा वुड या प्रख्यात अमेरिकन भौतिकतज्ज्ञाशी चुकीचा संबंध जोडला जातो. पण तरीही हा मिश्रधातू ब्रिटिश अभियंत्यानेच तयार केला असे मानण्यास भरपूर वाव आहे – या मिश्रधातूच्या उत्पादनानंतर आठ वर्षांनी अमेरिकन भौतिकतज्ज्ञ वुडचा जन्म झाला. झाळकाम, नाजूक व गुंतागुंतीचे ओतकाम, आगीची सूचना देणारी स्वयंचलित यंत्रणा तसेच काच आणि धातूं-मधील जोडकामाकरता कमी विलय बिंदू असलेले मिश्रधातू वापरतात.

कॅडमिअमचे मिश्रधातू उत्कृष्ट घर्षण-रोधक असतात. ९९ टक्के कॅडमिअम आणि १ टक्के निकेल असलेले मिश्रधातू स्वयंचलित वाहने, विमाने आणि सागरी इंजिनांमधील धाराव्यांमध्ये वापरतात. कॅडमिअमपासून तयार केलेल्या

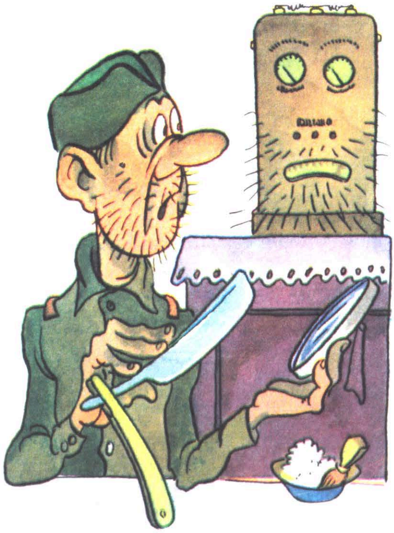
धाराव्यांवर इंडिअमचा थर देतात. यामुळे वंगणामधील धोकादायक कार्बनी आम्लांपासून ते सुरक्षित राहतात. लोखंड आणि पोलादाचे वातावरणीय क्षरणापासून खात्रीने संरक्षण करण्यासाठी त्यावर कॅडमिअमचा थर देण्यात येतो. पूर्वी वितळलेल्या कॅडमिअममध्ये वस्तू बुडवून त्यावर थर दिला जात असे. आता ही क्रिया विद्युत-अपघटन पद्धतीनेच केली जाते. कॅडमिअमच्या थरामुळे विमाने आणि जहाजांच्या अत्यंत महत्त्वाच्या भागांचे संरक्षण होतेच, शिवाय उष्णकटिबंधातील हवामानात वापरल्या जाणाऱ्या अनेक वस्तू सुरक्षित



राहतात. गंमत म्हणजे नैसर्गिक वातावरणात कॅडमिअमचा थर अधिक परिणामकारक ठरतो: औद्योगिकदृष्टचा विकास झालेल्या भागापेक्षा ग्रामीण भागात त्याची क्षरण-विरोधी क्षमता अधिक असते. कॅडमिअमचा थर दिलेल्या कथीलाला अनेक उद्योगधंद्यात खूप मागणी आहे. परंतु कॅडमिअम विषारी असल्यामुळे अन्नउद्योगापासून त्याला दूर ठेवण्यात आले आहे. काही देशांमध्ये या नियमाला कायद्याचे स्वरूप दिले आहे.

अगदी आजपर्यंत कॅडमिअमचा मुलामा देण्याच्या पद्धतीमध्ये एक दोष रहात असे व त्याची सारखी जाणीव होई. पोलादावर कॅडमिअमचा विद्युत-थर देण्याच्या क्रियेत विद्युत-अपघटनीमधील हायड्रोजनचे धातूच्या पृष्ठभागापर्यंत विसरण होते असे. या आगंतुक पाहुण्यामुळे एका धोकादायक "रोगा"ची पोलादाला लागण होते: हायड्रोजनजन्य ठिसूळपणामुळे हा ताकतवान धातू वजनाखाली एकाएकी खचतो. म्हणजेच, एकीकडे कॅडमिअममुळे पोलादाचे क्षरणापासून संरक्षण होते, तर दुसरीकडे कॅडमिअममुळेच पोलाद अकाली नाश पावण्याचा धोका निर्माण होतो. म्हणूनच कॅडमिअमशिवाय काम करणे अभियंत्यांना भाग पडत होते.

सोविएत संघाच्या शास्त्र अकादमीच्या भौतिक रसायनशास्त्राच्या संस्थेतील कर्मचाऱ्यांनी या रोगावर एक "उपाय" शोधून काढला आहे. १००० अणू असलेल्या कॅडमिअमच्या थरामध्ये टिटॅनिअमचा एक अणू जरी मिसळला तरी त्यामुळे हायड्रोजनजन्य ठिसूळतेच्या धोक्यापासून पोलाद मुक्त होते. कारण मुलामा देण्याच्या क्रियेत पोलादावरील हायड्रोजन शोषून घेण्याचे काम टिटॅनिअम पार पाडते.



तंतुमय स्फटिकांच्या इतिहासातील एक महत्त्वाचे पर्व कॅडमिअमशी निगडित आहे. दुसऱ्या महायुद्धाच्या काळात असे आढळून आले की वरवर पाहता कोणतेही कारण नसताना इलेक्ट्रॉनिक उपकरणे नादुरुस्त होत होती. हा त्रास, अतिशय सूक्ष्म (१-२ मायक्रॉन) व्यासाच्या कॅडमिअम अथवा कथील-लाच्या स्फटिकांमुळे होत होता. या दोन धातूंपैकी कोणत्याही एका धातूचा थर दिलेल्या पोलादाच्या भागावर हे स्फटिक तयार होत.

या तंतुमय स्फटिकांशी किंवा धातू-वरील या धोकादायक वाढीला "मांज-राचे कल्ले" असे संबोधिले जात असे – त्यांच्याशी यशस्वी सामना देण्यासाठी त्यांचा अभ्यास करणे जरूरी होते. हे कल्ले मग सर्वांगिण अभ्यासाचे लक्ष्य ठरले. लवकरच लक्षात आले की हे कल्ले अगदी अपवादात्मकरित्या ताकदवान आहेत. (खरेच, प्रत्येक काळ्या ढगाला रूपेरी कड असते!) त्यामुळे कल्ल्यांकडे बघण्याच्या दृष्टीमध्ये अगदी नाट्यमय बदल घडला. कल्ल्यांची निर्मिती करण्याच्या परिणामकारक पद्धती विकसित करण्यात आल्या. तंत्रज्ञानाच्या अनेक क्षेत्रात त्यांचा उपयोग वाढला. तेव्हापासून शेकडो मूलद्रव्यांचे तंतुमय स्फटिक अनेक देशांमधील प्रयोगशाळांमध्ये तयार करण्यास सुरुवात झाली. पण त्यापैकी कथील आणि कॅडमिअमचे स्फटिक सर्वात महत्त्वाचे होते. या स्फटिकांनीच वैज्ञानिक जगाचे लक्ष वेधून घेतले.

कित्येक किलोमीटर लांबीच्या तारेचे जाळे आपल्या शहरांमध्ये सर्वत्र पसरलेले असते. या "कोळयाच्या जाळया"मुळेच शहरांमध्ये ट्रॉलीबस आणि ट्राम सर्व दिशांनी ये-जा करत असतात. त्यातील वीजप्रवाह निर्दयपणे तारांना कमजोर करतो व त्यांची त्वरित झीज होते. या ठिकाणी कॅडमिअम मदतीला धावून येते. हे मूलद्रव्य अत्यल्प प्रमाणात तांब्यामध्ये मिसळले असता तांब्याची ताकत आणि कठीणता वाढते, शिवाय त्याच्या विद्युत गुणधर्मांवर जवळजवळ अजिबात परिणाम होत नाही. तांबे व कॅडमिअमच्या तारा कित्येक वर्षे टिकतात व अगदी दाट वाहतुकीच्या भागातसुद्धा त्या बदलाव्या लागत नाहीत.

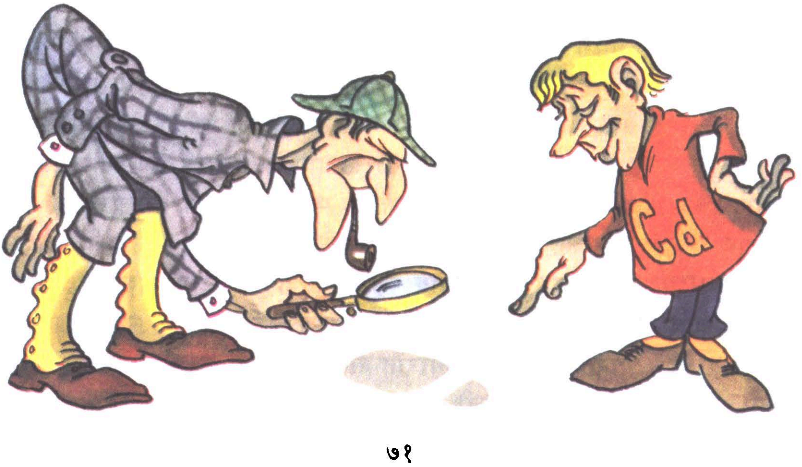
संचयी विद्युतघटांशिवाय आधुनिक तंत्रज्ञानाची कल्पनाच करता येणार नाही. अवकाशयाने, पाणबुड्या, मोटारी, रेडिओ-संच, टेलिफोन आणि तार-उद्योग, खाणीतील दिवे, श्रवण-साधने, छायाचित्रणातील झगझगीत प्रकाश,

आणि इशारा-यंत्रणा यासाठी संचयी-घट आवश्यक ठरतात. संचयी घटांच्या उपयोगांची यादी करणे म्हणजे आकाशातील तारे मोजण्याइतके "सोपे" आहे. विद्युत-अपघटनी द्रवामध्ये बुडविलेले दोन अग्र या साध्या उपकरणामध्ये असतात. हे घट विद्युत ऊर्जेचा संचय करून त्याचे रासायनिक ऊर्जेत रूपांतर करतात आणि जरूर भासेल तेव्हा परत विद्युत ऊर्जा निर्माण करतात. निकेल-कॅडमिअम घट यासाठी सर्वाधिक वापरले जातात. त्यामधील ऋणाग्राचे काम सच्छिद्र कॅडमिअमने भरलेली लोखंडाची जाळीदार चौकट करते, तर धनाग्रावर निकेल ऑक्साइडचा थर असतो. विद्युत-अपघटनी म्हणून कॉस्टिक पोटॅश वापरतात. या घटांचे कार्य अगदी उत्तम असते. ते विश्वसनीय असतात आणि १५ मिनीटांमध्ये प्रभारित करता येतात.

डॉक्टरमंडळींनी तर निकेल-कॅडमिअम घटाचा आणखी एक चांगला उपयोग करून घेतला आहे. हा घट पेसमेकरमध्ये बसवून हृदरोग्याच्या छातीमध्ये ठेवतात, या छोटयाशा ऊर्जा केंद्रातून हृदयाला ऊर्जेचा पुरवठा होतो. कोणताही घट कायम स्वरूपाचा नसतो. दरवेळी त्याला प्रभारित करणे जरूरी असते. म्हणजे याकरता रोग्याला प्रत्येक वेळी शस्त्रक्रियेसाठी नेणे भाग पडेल? मुळीच नाही. घट सुरू ठेवण्यास रोग्याला दर आठवडयाला खास प्रकारचा चुंबकीय अंगरखा परिधान करावा लागतो. हजारो लोकांनी अशा पेसमेकरचा फायदा अनुभवला आहे.

ब्रिटिश गुन्हे-तज्ज्ञांनी कॅडमिअमचा वापर करण्यास नुकतीच सुरुवात केली आहे. वस्तूच्या पृष्ठभागावर जर कॅडमिअमचे अगदी बारीक चूर्ण पसरले तर बोटांचे ठसे अगदी स्पष्टपणे लक्षात येतात.

"वेस्टन घटा"मध्ये कॅडमिअमची संयुगे वापरण्यात येतात. हा घट एखाद्या प्रमाणित इ. एम. एफ. प्रमाणे असतो. या घटात, कॅडमिअमचे पारद-मिश्रण, कॅडमिअम सल्फेटचे स्फटिक आणि कॅडमिअम सल्फेटचे जलमय क्षाररूपी



द्रावण असते. घरातील तपमानात इ. एम. एफ. मधील फरक अगदी क्षुल्लक असतो.

या शतकाच्या मध्यावर अपूर्व अशी शास्त्रीय आणि तांत्रिक प्रगती झाली. अणूच्या गर्भातील ऊर्जेचा उपयोग करण्यात येऊन या प्रगतीने सर्वोच्च बिंदू गाठला. अणूकेंद्रकातील अफाट शक्तीला लगाम घालण्यासाठी केवळ बुद्धीमत्ताच नव्हे, तर अद्वितीय गुणधर्म असलेले पदार्थ हवेत. अणूभट्टीच्या रचनाकारांनी निवडलेल्या काही मोजक्या धातूंमध्ये कॅडमिअमचा अंतर्भाव होता.

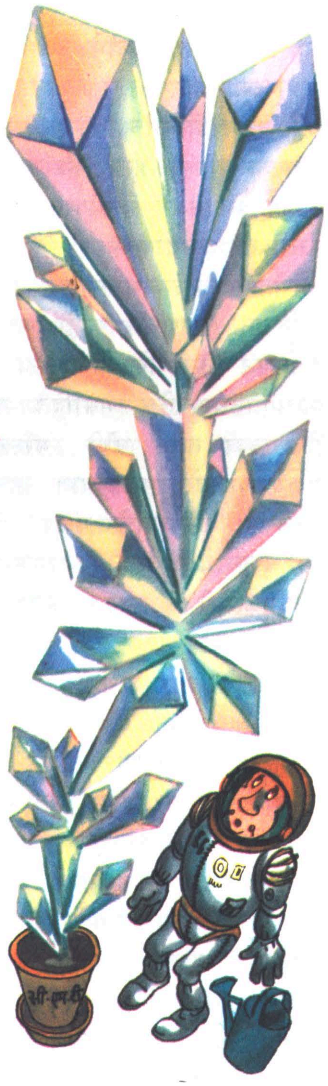
अणू-क्षेत्रात कॅडमिअमची भूमिका कोणती? ज्याप्रमाणे स्वयंचलित वाहन ब्रेकशिवाय चालविणे व्यर्थ, तद्वतच न्यूट्रॉन अभिवाहाचे नियंत्रणदंडाच्या साहाय्याने नियमन केल्याशिवाय अणूभट्टी व्यवस्थित चालणे अशक्य. आण्विक क्रिया सुरू करताना प्रथम हे नियंत्रणदंड वर उचलले जातात, तेव्हा अणूभट्टीमध्ये खूप मोठ्या संख्येने न्यूट्रॉन "धाव घेतात". पण समजा न्यूट्रॉन "हाताबाहेर" गेले – म्हणजेच अभिक्रियेची गती खूपच वाढली – तर नियंत्रणदंड परत खाली सरकविण्यात येतात. त्यामुळे न्यूट्रॉन पकडले जाऊन अभिक्रियेचा वेग मंदावतो.

प्रत्येक अणूभट्टीत एक भला मोठा सुरक्षादंड असतोच. नियंत्रणदंडामध्ये बिघाड निर्माण झाला तर सुरक्षादंड ताबडतोब क्रियाशील होतो. पण कल्पना करा, सुरक्षादंड सुद्धा बंद पडला तर? कॅलिफोर्नियातील एका अणूभट्टीत नेमके हेच घडले. अणूभट्टीची रचना दोषपूर्ण असल्यामुळे सुरक्षादंड क्रियाशील भागापर्यंत पोचलेच नाहीत. साखळी अभिक्रिया हाताबाहेर जाऊन आसपासच्या लोकांच्या जीविताला धोका निर्माण झाला. आण्विक "आग" विझवेपर्यंत त्या प्रदेशातील लोकांचे स्थलांतर करावे लागले. सुदैवाने जीवित हानी झाली नाही, पण प्रचंड नुकसान होऊन काही काळ अणूभट्टी बंद ठेवावी लागली. भट्टीमधील सुरक्षादंड जर व्यवस्थित असते तर काही क्षणात त्यांनी न्यूट्रॉनना 'शांत" केले असते.

नियंत्रणदंड आणि सुरक्षादंड तयार करण्याकरता जो पदार्थ वापरावयाचा त्याचा महत्त्वाचा निकष म्हणजे न्यूट्रॉन शोषून घेण्याची क्षमता त्यामध्ये असली पाहिजे. या विषयात कॅडमिअम फार "श्रेष्ठ तज्ज्ञ" आहे. कॅडमिअममध्ये फक्त एकच उणीव आहे: अत्यंत कमी ऊर्जा असलेल्या तापीय न्यूट्रॉनच्या संदर्भात कॅडमिअमच्या वापरावर मर्यादा पडतात (या न्यूट्रॉनची ऊर्जा इलेक्ट्रॉन व्होल्टच्या काही शतांश भागात मोजली जाते). अणू-विज्ञानाच्या सुरुवातीच्या काळात अणूभट्ट्या तापीय न्यूट्रॉनवर कार्य करत. अशा भट्ट्यांमध्ये नियंत्रणदंडाकरता वापरल्या जाणाऱ्या वस्तूंमध्ये कॅडमिअमची भूमिका प्रथम दर्जाची होती. त्यानंतर बोरॉन व बोरॉन संयुगांकडे ही जबाबदारी सोपविण्यात आली. कॅडमिअमच्या उपयोगाची नवनवीन क्षेत्रे भौतिकतज्ज्ञ शोधत आहेत.

उदाहरणार्थ, न्यूट्रॉन अभिवाहाच्या मार्गामध्ये जर कॅडमिअमची पट्टी ठेवली तर अभिवाहाच्या ऊर्जेची विभागणी, आणि एकसमानतेचा अभ्यास करणे शक्य असते व त्यामधील तापीय न्यूट्रॉनचे प्रमाण सुद्धा नक्की करता येते.

अणू-ऊर्जा उद्योग म्हणजे आधुनिक तंत्रज्ञानाचा केंद्रबिंदू आहे तर, रंग आणि वॉर्निश उद्योग त्या भोवतालचा परीघ आहे. अणूभट्ट्यांप्रमाणेच या क्षेत्रात सुद्धा कॅडमिअम अत्यंत जबाबदारीने सेवा बजावित आहे. मागील शतकात सुद्धा कॅडमिअम सल्फाइड खनिज रंगद्रव्य म्हणून वापरले जात होते. या शतकाच्या सुरुवातीस प्रकाशित झालेल्या तांत्रिक विश्वकोशात कॅडमिअम सल्फेटबाबत पुढीलप्रमाणे उल्लेख आहे: "...कॅडमिअम सल्फेटच्या किंचित आम्लधर्मी आणि उदासीन द्रावणांपासून लिंबाच्या रंगापासून अनेक रंगच्छटा मिळतात, सोडिअम सल्फाइडने अवक्षेपित केल्यास पिवळा धमक रंग प्राप्त होतो... लिंबाच्या रंगापासून नारिंगी रंगापर्यंत सहा प्रकारच्या रंगच्छटा या ना त्या पद्धतीने मिळतात. तयार स्वरूपात या रंगद्रव्याला सुरेख चमकदार पिवळा रंग असतो. हे रंगद्रव्य क्षीण अल्क व आम्लात स्थिर राहते व हायड्रोजन सल्फाइडचा त्यावर अजिबात परिणाम होत नाही म्हणून अल्ट्रा-मरीन बरोबर हे रंगद्रव्य कोरडे मिसळले असता एक हिरवेगार रंगद्रव्य तयार होते. त्यास कॅडमिअम ग्रीन असे संबोधण्यात येते. हे रंगद्रव्य शुल्क-तेलात मिसळले असता



घरगुती रंग तयार होतो. भिंतीवर पकड घेण्याची या रंगाची क्षमता चांगली असते. पण फार महाग असल्यामुळे (एका पौंडाला ५ ते ६.५० रुबल) तो प्रामुख्याने चित्रकलेमध्ये आणि छपाईमध्ये वापरतात. त्याच्या उष्णतारोधक क्षमतेमुळे तो चिनी मातीच्या भांड्यांवरील नक्षीकामात वापरतात..."

त्या नंतरच्या काळात सुद्धा रंग म्हणून कॅडमिअम सल्फाईडचे स्थान मानाचे राहिले. विशेषकरून रेल्वेचे डबे तयार करण्याच्या उद्योगधंद्यात त्याचा वापर झाला. पृष्ठभागावर उत्तम प्रकारे चिकटून राहण्याची क्षमताच केवळ या रंगात आहे असे नसून इंजिनाच्या धुराच्या "वाईट परिणामा"विरुद्ध हा रंग कणखरपणे तग धरू शकतो. महाग कॅडमिअम सल्फाइडची जागा अलीकडे कॅडमोपोन आणि झिंक कॅडमिअम लिथोपोन या स्वस्त रंगद्रव्यांनी घेतली आहे. लिथोपोनचा रंग हस्तीदंतीं असतो.

शोभेच्या दारूकामात कॅडमिअम सल्फाइड बरेच वापरतात. त्यामुळे गडद निळा, आणखी काही पदार्थ कॅडमिअम सल्फाईड बरोबर मिसळले असता फिकट निळा किंवा जांभळा रंगाचा प्रकाश मिळतो. कॅडमिअम संयुगांचे उपयोग एवढ्यापुरतेच मर्यादित नाहीत. सेलेनिअमबरोबर त्यापासून लाल रंगाचे रंगद्रव्य तयार होते. मॉस्कोमधील क्रेमलिनच्या इमारतीवरील तारा यामुळेच प्रकाशतो. थोडक्यात सांगायचे म्हणजे इंद्रधनुष्यातील सर्व रंगाशी कॅडमिअमचे "मित्रत्वाचे संबंध" आहेत. रबर, प्लॅस्टिक्स आणि कृत्रिम धाग्यांना रंग देण्यासाठी कॅडमिअम रंगद्रव्ये वापरतात.

कॅडमिअमची सल्फाइड आणि सेलेनाइड संयुगे त्यांच्या अर्धवाहकतेच्या गुणधर्मांबाबत प्रसिद्ध आहेत. कॅडमिअम सल्फाइडच्या स्फटिकांमुळे इलेक्ट्रॉनिक्स, न्यूक्लिय भौतिकशास्त्र आणि ध्वनीशास्त्रात (विशेषत: श्राव्यातील ध्वनीचे प्रवर्धक म्हणून) क्रांती घडून येईल असा शास्त्रज्ञांना विश्वास वाटतो.

अनेक देशांमध्ये सौर ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर करण्याच्या प्रश्नावर खूप संशोधन सुरू आहे. या प्रश्नामध्ये कॅडमिअम सल्फाइडची भूमिका कदाचित महत्त्वाची ठरेल. सूर्याच्या प्रचंड ऊर्जेपैकी फक्त ०.००१% ऊर्जा आपण वापरतो. यात अतिशयोक्ती मुळीच नाही. अणूकेंद्रकातील ऊर्जा मिळविण्याच्या प्रश्नावर आपले आयुष्य खर्ची घातलेला प्रख्यात फ्रेंच भौतिकतज्ज्ञ फ्रेडरिक ज्यूलिएट क्यूरी म्हणाला होता, "अणूकेंद्रकातील ऊर्जेचा वापर करण्यापेक्षा सौर ऊर्जेचा वापर कसा करता येईल या प्रश्नाकडे लक्ष देणे अधिक महत्त्वाचे आहे." हे विधान त्याने उगाचच केले नाही. अवकाशयानांकरता सौरघट केव्हाच तयार करण्यात आले आहेत. कामाकाटका आणि कुराइल बेटांबरील दीपगृहे सुद्धा आता सौरऊर्जेवर चालतात. दोन-तीन महिन्यात मिळणाऱ्या सूर्यप्रकाशाचा उपयोग करून ही दीपगृहे वर्षभर काम करतात. या कामाकरता सहसा सिलि-

कॉन घट वापरण्यात येतात. हे घट खर्चिक असल्यामुळे सूर्यापासून विनामूल्य मिळणारी ऊर्जा मात्र महाग होते. यामुळे, भौतिकतज्ज्ञांनी सिलिकॉन घटापेक्षा स्वस्त असे अनेक प्रकारचे घट सुचविले आहेत. कॅडमिअम आणि तांब्याच्या सल्फाइड संयुगांवर आधारित पातळ पापुद्र्याच्या स्वरूपातील सौर घट अमेरिकेत तयार करण्यात आले आहेत. ते विशेष कार्यक्षम नसले तरी त्यामध्ये बरीच सुधारणा करता येईल असा तज्ज्ञांना आत्मविश्वास वाटतो.

तंत्रविज्ञानातील अनेक प्रयोग पृथ्वीवर न करता अवकाशात करण्याचे सध्याचे युग आहे. कन्स्तनतिन त्सिओल्कोवस्की यांनी लिहिलेल्या "पृथ्वीच्या पलिकडे" या विज्ञान कादंबरीतील एक पात्र म्हणते – "येथे (अवकाशात) धातुशास्त्रीय प्रयोग करण्याची फारच चांगली संधी आहे." त्यानंतर फक्त तीस ते चाळीस वर्षांनंतर या महान शास्त्रज्ञाची कल्पना प्रत्यक्षात उतरली आहे. विज्ञान व तंत्रविज्ञानातील प्रयोग करण्याकरता वजनविरहीत अवस्था हे फारच उत्कृष्ट माध्यम आहे. अंतरिक्ष प्रयोगशाळांची क्षमता अजूनही कमी आहे. म्हणूनच पृथ्वीबाह्य प्रयोगांमध्ये "भाग घेणाऱ्यांची" निवड अनेक उपयुक्त व होतकरू पदार्थांच्या यादीमधून काळजीपूर्वक करावी लागते. याबाबतीत कॅडमिअम मात्र नशीबवान आहे. अवकाशातील प्रयोगांमध्ये अनेक अर्धवाहक पदार्थ तयार करण्यावर भर आहे. यामध्ये, कॅडमिअमची टेल्युराइड आणि सल्फाइड संयुगे, तसेच कॅडमिअम-मर्क्यूरी-टॅल्युरिअम (सी. एम. टी.) संयुगे सल्युत-६ च्या कक्षीय स्थानकांवरील "स्प्लाव" (मिश्रधातू) व "क्रिस्टाल" (स्फटिक) या प्रयोगशाळेत करण्यात येणार आले.

सी. एम. टी. चे स्फटिक तयार करण्यात शास्त्रज्ञांना खूपच स्वारस्य आहे. हे स्फटिक म्हणजे कॅडमिअम आणि मर्क्यूरीचे घनस्वरूपी द्रावण होय. हा एक अर्धवाहक पदार्थ असून अवरक्त प्रतिमादर्शक उत्पादनात ते आवश्यक ठरतात. अवरक्त-प्रतिमादर्शक हे अतिशय अचूक असे साधन असून औषधशास्त्र, भूशास्त्र, खगोलशास्त्र, इलेक्ट्रॉनिक्स, रेडिओ-अभियांत्रिकी आणि इतर क्षेत्रात ते फार उपयोगी आहे. सी. एम. टी. चे स्फटिक पृथ्वीवर तयार करणे जवळजवळ अशक्य, कारण, या स्फटिकातील घटकांच्या घनतेमध्ये खूपच फरक असल्यामुळे त्यांचे एकीकरण होत नाही व एकजिनसी पदार्थ तयार होण्याऐवजी तीन थरांचा सरमिसळ झालेला पदार्थ मिळतो. एक छोटा स्फटिक तयार करण्याकरता प्रथम मोठ्या आकाराचा स्फटिक तयार करावा लागतो, त्यातील कमीत कमी जाडीची सीमारेषा कापून बाकीचा पदार्थ निरुपयोगी म्हणून फेकून द्यावा लागतो. याला दुसरा मार्ग नाही. स्फटिकाची शुद्धता आणि एकजिनसीपणा एक दशलक्षांश टक्क्यापर्यंत पाहिला जातो. अशा स्फटिकाच्या एका ग्रॅमला ८००० डॉलर मोजावे लागतात यात काहीच आश्चर्य नाही.

म्हणूनच हे काम साध्य करण्याकरता शास्त्रज्ञांना वजन विरहीत अवस्थेचा आधार घ्यावा लागला. या अवस्थेत एकमेकाबरोबर स्पर्धा करण्यास घटक पदार्थांना कोणतेच "कारण" नसते. हलके किंवा जड हा प्रश्नच तेथे उपस्थित होत नाही. स्फटिक तयार होत असताना सल्युत स्थानकावर गुरुत्वाकर्षणरहित अवस्था पूर्णपणे निर्माण व्हावी म्हणून स्थानकाला धक्का बसणार नाही, ते वळणार नाही, स्वतःभोवती फिरणार नाही व त्यावरील यंत्रे सुरू होणार नाहीत याची दक्षता उड्डाण नियंत्रण केंद्राने घेतली होती. एवढेच नव्हे तर, खुद्द अवकाशयात्रींनाही धावमार्गावर आणि कार्यमापक सायकलवर कोणतेही शारीरिक व्यायाम करण्याची सक्त मनाई होती.

शास्त्रज्ञांच्या प्रयत्नांना चांगलेच यश लाभले. पृथ्वीवर पाठविलेल्या नमुन्यांचे प्राथमिक विश्लेषण केले असता आढळले की, अवकाशात तयार झालेले स्फटिक आकाराने मोठे असून त्यांची संरचना सर्वत्र एकसारखी आहे. अजूनपर्यंत या स्फटिकांचा उद्योगधंद्यात वापर झालेला नाही. या स्फटिकांचा काळजीपूर्वक अभ्यास करण्यासाठी त्याचे नमुने डझनभर प्रयोगशाळांमध्ये पाठविले आहेत. अवकाशात जन्मलेल्या स्फटिकांचा वापर अनेक उपकरणांमध्ये होईल. तो दिवस फार लांब नाही.

कॅडमिअमच्या अष्टपैलू व्यक्तिमत्वाला एक गालबोट मात्र लागले आहे. काही वर्षापूर्वी अमेरिकन आरोग्य-सेवेतील कर्मचाऱ्याला आढळून आले की, हृदरोगामुळे होणारे मृत्यू आणि वातावरणातील कॅडमिअम यांचा सरळ सरळ संबंध आहे. अमेरिकेतील २८ शहरांमधील रहिवाशांच्या तपासणीवर हा निष्कर्ष आधारित होता. त्यापैकी, न्यूयॉर्क, शिकागो, फिलाडेल्फिआ, आणि इंडियानापॉलिस या चार शहरात कॅडमिअमचे प्रमाण इतर शहरांच्या तुलनेत खूपच अधिक आहे व त्याचबरोबर हृदयविकाराने मृत्यू पावलेल्यांचे प्रमाण सुद्धा.

शत्रू एकदा नजरेस पडला की त्याच्याशी मुकाबला करणे भाग आहे. या प्रकल्पात काम करणाऱ्या शास्त्रज्ञांनी सर्वप्रथम मिसिसिपी उपसागरामधील पाणी कॅडमिअम आणि पाऱ्यापासून मुक्त करण्याचे कार्य हाती घेतले. हे काम हायसिथ नामक जलवनस्पतीकडे सोपविण्यात आले. ही फुले अतिशय जोमाने वाढत असल्यामुळे प्रयोगकर्त्यांनी या फुलांची निवड केली. पण अजूनपर्यंत कोणतेही निष्कर्ष मिळाले नसल्याने ही "पुष्प-पद्धती" कितपत प्रभावी आहे हे भविष्यकाळच सांगेल.

कॅडमिअम आरोग्याला विघातक आहे आणि त्याचे वातावरणातील प्रमाण कमी करण्याकरता डॉक्टर आणि जीवशास्त्रज्ञ प्रयत्न करत असतानाच तंत्रज्ञ मात्र कॅडमिअमचे उत्पादन वाढविण्याच्या खटपटीत आहेत. गत शतकाच्या उत्तरार्धात कॅडमिअमचे वार्षिक उत्पादन फक्त १६० टन होते. १९३० च्या

सुमारास भांडवलशाही देशांमध्ये हेच उत्पादन ७०० टन झाले, तर १९६० च्या सुमारास ७००० टन. (याचवेळी, अणूभट्ट्यांमधील दंडांसाठी कॅडमिअम हा महत्त्वाचा पदार्थ म्हणून ओळखले जाऊ लागले).

निसर्गामध्ये कॅडमिअम दुर्मिळ असून ठिकठिकाणी पसरलेले आहे. पृथ्वीच्या कवचामध्ये त्याचे प्रमाण बेरिअम, स्कँडिअम, जर्मेनिअम आणि सिशिअमच्या तुलनेत फारच कमी आहे. एक अतिशय दुर्मिळ मूलद्रव्य म्हणून समजल्या जाणाऱ्या इंडिअमचे प्रमाणही कॅडमिअमपेक्षा जास्त आहे. कॅडमिअमयुक्त खनिजे फारच कमी आहेत आणि बहुदा जस्त, शिसे-जस्त आणि तांबे-जस्त यांच्या धातुकांमध्ये कॅडमिअम असते. पण यामुळे त्याचे मूल्य कमी होत नाही हे आपण जाणतोच.

In

अद्‌भुत दुनियेशी जवळीक

(इंडिअम)

पैसा खर्च करण्यास नेपोलिअनची तयारी – नशीबाची साथ – पेन्सिलीची किंमत काय ? – त्रासदायक मूलद्रव्य – किरणोत्सारिता उजेडात आली – सर्व दृष्टीने दुर्मिळ मूलद्रव्य – ॲरिझोनातील शोध – ब्रिटिश बेटांवरील धुके भेदून – अग्नीशामक दलाने खुशाल झोपावे – भौतिकतज्ज्ञ गोंधळात – पाण्याखालील दुनियेत – धाराव्यांना संरक्षण दिलेच पाहिजे – दात भरण्या-संबंधी दोन शब्द – धातूचे ब्लँकेट – हिरवे सोने – न्यूट्रॉन अभिवाह मोजणे – अशुद्ध द्रव्याची शुद्धता – आश्चर्यकारक स्फटिक – धूळीतून जन्म – फुटबॉ-लशी काही संबंध आहे ? – आवडता पाहुणा

रम्य भारतीय भूमीतून आणलेल्या गडद निळ्या रंगाच्या रंगद्रव्याला युरोपमध्ये प्राचीन काळापासून खूपच किंमतवान समजले जात होते. रंगाच्या शुद्धतेबाबत तर त्याची सौर वर्णपटातील निळ्या रंगाच्या रेषेबरोबरच तुलना होत होती. या "सर्व रंगद्रव्यांच्या राणी"ला विकत घेण्यासाठी कापडगिरणी मालकांनी पैशाचा कधीच विचार केला नाही. लोकरीचे आणि इतर कापड रंगविण्याकरता या रंगद्रव्याचा ते उपयोग करत. १८ व्या शतकाच्या अखेरीस ब्रिटिश आरमाराने युरोपहून भारताकडे जाणारे मार्ग रोखले तेव्हापासून इंडिगो आणि इतर माल मिळेनासा झाला. आपल्या सैन्याचा गडद निळ्या रंगाचा परंपरागत गणवेश कायम ठेवण्याच्या इच्छेने नेपोलिअनने हे आश्चर्यजनक रंगद्रव्य युरोपातील कच्च्या मालापासून तयार करणाऱ्यास १० लाख फ्रँकचे (त्या काळी ही रक्कम फारच प्रचंड होती) बक्षीस लावले.

इंडिअमच्या कथेची सुरुवात इंडिगो या रंगद्रव्याचा उल्लेख करून केली कारण या रंगद्रव्याच्या रंगामुळेच मूलद्रव्य क्र. ४९ ला इंडिअम हे नाव मिळाले.

१८६३ मध्ये फ्रेबर्ग या लहानशा जर्मन खेड्यात प्रोफेसर रिक आणि त्याचा सहकारी रिश्टर हे दोघे सॅक्सनी पर्वतामधील जस्ताच्या खनिजाचे वर्णपटीय निरीक्षण करण्यात गुंतले होते. दोन वर्षांपूर्वी थॅलिअम मूलद्रव्याचा शोध लागला होता. हे मूलद्रव्य या खनिजांमध्ये मिळते काय याचा ते शोध घेत होते. पण वर्णपटामध्ये थॅलिअमची हिरवी रेषा मात्र त्यांना दिसत नव्हती. नशीबाची साथ त्यांना असल्याने एक दिवस त्यांच्या परिश्रमाचे चीज झाले.

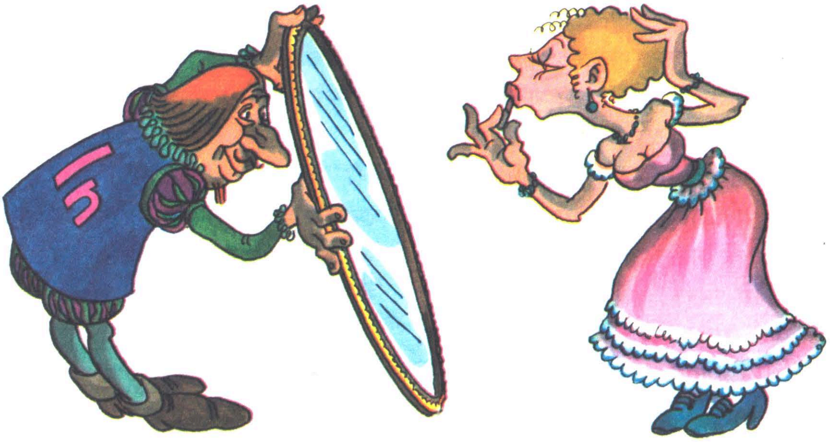
एका वर्णपटात अत्यंत तेजस्वी अशी निळी रेषा त्यांना दिसली. त्या वेळी माहीत असलेल्या कोणत्याही मूलद्रव्याच्या रेषेशी ती रेषा जुळत नव्हती. वर्णपटातील या रेषेचा रंग गडद निळा असल्यामुळे संबंधित मूलद्रव्याला इंडिअम हे नाव देण्यात आले.

खनिजामधून हा धातू वेगळा करण्याची समस्या आता सोडविणे भाग होते. पेन्सिलीच्या आकारातील धात्विक इंडिअमच्या दोन लगडी तयार करण्या-पूर्वीची ही गोष्ट आहे. इंडिअमच्या लगडीचे केवळ बाह्यस्वरूपच पेन्सिलीसारखे होते असे नाही, इंडिअम अगदी मृदू होते. ते शिशापेक्षा पाचपट तर सोन्यापेक्षा वीसपट मृदू होते. मोहच्या कठीणता प्रमाणपट्टीवर नऊ धातू इंडिअमपेक्षा कठीण असल्याचे दाखविले गेले, तर फक्त टाल्क इंडिअमपेक्षा मृदू होते. इंडिअममुळे कागदावर उमटत असले तरी इंडिअमच्या पेन्सिलीने कागदावर लिहिणे म्हणजे स्टोव्हमध्ये इंधन म्हणून पैसे भरण्याइतके हास्यास्पद आहे. फ्रेंच शास्त्र अकादमीने या नमुन्यांची किंमत एक ग्रॅमला ७०० ते ८०० डॉलर एवढी ठरविली.

इंडिअमने जगामध्ये जेव्हा सर्वप्रथम आपला चेहरा दाखविला तेव्हा हा धातू मेंदेलेयेवला गोंधळात टाकेल असा संशय साहजिकच कोणालाही आला नाही. पण दोष इंडिअमचा नव्हता, तर त्याच्या शोधकांचा. त्यांनी इंडिअमला जस्ताचा जवळचा सहकारी असल्याचे मानले, व तो द्वि-संयुजी असल्याचे गृहीत धरले. इंडिअमचा अणूभार ७५.६ असल्याचा निष्कर्ष त्यांनी काढला, पण तोही चुकीचाच. हे सर्व निष्कर्ष खरे असते तर इंडिअमला आवर्ती कोष्टकात मुळीच स्थान मिळाले नसते.

इंडिअम त्रि-संयुजी आहे, त्याचे गुणधर्म ॲल्युमिनिअमबरोबर मिळते जुळते असून त्याचा अणूभार ११४ असल्याचे मेंदेलेयेवने सुचविले. स्वत: शोधलेल्या आवर्ती नियमाच्या आधारावर मेंदेलेयेवने ज्या मूलद्रव्यांचे गुणधर्म सांगितले, त्यापैकी इंडिअम हे एक मूलद्रव्य होय. त्यानंतरच्या प्रयोगांमुळे मेंदेलेयेवचा विश्वास सार्थ असल्याचे लक्षात आले. अतिशय अचूक पद्धतीचा अवलंब करून इंडिअमचा अणूभार ११४.८२ असल्याचे निश्चित करण्यात आले. या मूलद्रव्याला आवर्ती कोष्टकातील तिसऱ्या ओळीत ४९ क्रमांकाच्या स्थानावर ठेवण्यात आले.

नैसर्गिक इंडिअममध्ये ११३ व ११५ अणूक्रमांक असणारे दोन समस्थानिक असतात. यापैकी ११५ अणू क्रमांक असलेल्या समस्थानिकाचे प्रमाण खूपच अधिक म्हणजे ९५.७ टक्के असते. या शतकाच्या मध्यापर्यंत हे दोन्ही समस्था-निक स्थायी असल्याचे समजले जात होते. परंतु इंडिअम-११५ मध्ये बीटा-ऱ्हास होत असल्याचे १९५१ मध्ये आढळून आले. त्यामुळे इंडिअमचे रूपांतर कथील-११५ या समस्थानिकांमध्ये होते. इंडिअम-११५ च्या केंद्रकाचा अर्धायु-



काल ६—१४^{१४} वर्षे इतका आहे. अत्यंत कमी वेगाने रूपांतरण होत असल्या-मुळेच इंडिअमला किरणोत्सारिता इतकी वर्षे "लपविणे" शक्य झाले. भौतिक-तज्ज्ञांनी इंडिअमचे वीस किरणोत्सारी समस्थानिक आजपर्यंत मिळविले आहेत. या समस्थानिकांपैकी सर्वात आयुष्यमान समस्थानिकाचा अर्धायुकाल ४९ दिवस आहे.

इतर धातूंप्रमाणेच, इंडिअमचे व्यावहारिक उपयोग होण्यास बराच काळ वाट पहावी लागली. याकरता अनेक सबळ कारणे आहेत: इंडिअम केवळ दुर्मिळच नाही, (पृथ्वीच्या कवचात त्याचे स्थान ७० व्या क्रमांकावर आहे) तर ते खूप विखुरलेले आहे. निसर्गात असे एकही खनिज नाही, की ज्यामध्ये इंडिअम हे प्रमुख घटक आहे. ते एक लेश मूलद्रव्य असून इतर धातुकांमध्ये सुद्धा त्याचे प्रमाण ०.०५ टक्क्यांपेक्षा अधिक नसते. इतक्या अल्प प्रमाणातील धातू धातुकापासून अलग करताना येणाऱ्या अडचणींची कल्पना सुद्धा करवत नाही.

इंडिअमचे गुणधर्म काहीही असोत. सध्याच्या तंत्र-विज्ञानाच्या युगात त्याच्याकडे डोळेझाक करून चालणार नाही. १९२४ मध्ये अमेरिकन अभियंता, मूरी, इंडिअमयुक्त धातूकांच्या शोधात फिरत असताना त्याला ॲरिझोनामधील वाळूच्या टेकड्यांवर या लेश मूलद्रव्याचे एकीकरण झालेले आढळले. इंडिअमचे प्रमाण फारसे अधिक नव्हते, पण इतर ठिकाणांच्या तुलनेत ते मोठे होते. इंडिअमचे उत्पादन करण्याकरता एक कारखाना लगेच तेथे सुरू करण्यात आला.

इंडिअमचा उपयोग सर्वप्रथम दूरदर्शकातील उच्च प्रतीचे आरसे, शोधदीप, परावर्तक आणि तत्सम उपकरणांमधील उच्च प्रतीचे आरसे तयार करण्याकरता

झाला. नेहमीच्या काचेमुळे वेगवेगळया रंगांचे वेगवेगळे परावर्तन होते. उदाहरणार्थ, कपडे प्रत्यक्षात जसे आहेत, तसे ते आरशामध्ये दिसत नाहीत.

आरशासमोर बसलेल्या एखाद्या स्त्रीला हा फरक मुळीच जाणवणार नाही. पण काही उपकरणांमध्ये मात्र रंगांचा बनावटपणा अजिबात चालत नाही. रूपे, कथील, पारा-बिस्मथचा लेप दिलेल्या आरशांमध्ये तर ही उणीव असतेच. इंडिअम केवळ उत्तम परावर्तकच नाही तर इंद्रधनुष्यातील जांभळया रंगापासून लाल रंगापर्यंत सर्व रंगांबाबत ते अगदी "वस्तुनिष्ठ" आहे. दूरदर्शकातील इंडिअम आरशांमुळे खगोलशास्त्रीय निरीक्षणात विरुपता अथवा बाधा निर्माण होत नाही.

रूप्याप्रमाणे हवेमध्ये इंडिअम फिके पडत नाही व ते उच्च परावर्तन क्षमता दाखविते. दुसऱ्या महायुद्धात जर्मनीच्या हवाई हल्ल्यांपासून लंडनचे रक्षण करण्यात इंडिअमने महत्त्वाची भूमिका बजावली. ब्रिटिश हवाई संरक्षण यंत्रणेतील शोध-दीपांवर इंडिअमचे आरसे बसविले होते. युद्धकाळात ब्रिटिश बेटांवर धुक्याचे दाट आच्छादन नेहमीच असायचे. पण तरी सुद्धा इंडिअम आरसे बसविलेले शोध-दीप धुके भेदून हवाई चाच्यांचा मागोवा घेण्यात यशस्वी ठरले. या धातूचा विलय बिंदू कमी (१५६° सें. ग्रे.) असल्यामुळे शोध-दीपांचे आरसे सतत थंड करावे लागत. पण, पाडलेल्या जर्मन विमानांची संख्या पाहता ब्रिटिश युद्ध खात्याने याकरता जरूर तेवढा पैसा खर्च केला.

कमी विलय बिंदू कधी कधी फायद्याचाच ठरतो. इंडिअम, बिस्मथ, शिसे, कथील आणि कॅडमिअम हे घटक असलेला मिश्रधातू ४६.८° सें. ग्रे. तपमानावर वितळतो. यामुळे तो स्वयंचलित निरोधकाचे काम करून फाजील उष्णतेपासून यांत्रिक भागांचे व महत्त्वाच्या द्रव्यांचे रक्षण करतो. गॅलिअम आणि कथीलसह इंडिअमचा मिश्रधातू घरातील तपमानात सुद्धा द्रव स्थितीत राहतो, त्याचा विलय बिंदू १०.६° सें. ग्रे. आहे. आगीची सूचना देणाऱ्या यंत्रणेमध्ये इंडिअमचे मिश्रधातू फ्यूज म्हणून वापरतात.

इंडिअमच्या कमी विलय-बिंदूवर आधारीत काही मजेशीर प्रयोग कॅनडात करण्यात आले. इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शकातून इंडिअमच्या कणांचे निरीक्षण करता असे आढळले की, कणांचा आकार एखाद्या ठराविक मूल्यापेक्षा कमी असेल तर त्यांचा विलय बिंदू खूपच कमी होतो. ज्या कणांचा आकार ३० अँगस्ट्रॉम-पेक्षा अधिक नाही असे कण ४०° सें. ग्रे. पेक्षा किंचित जास्त तपमानावर वितळतात. अशा प्रकारे, विलय बिंदू नेहमीपेक्षा शंभर अंशांनी कमी होत असल्याने (१५६° सें. ग्रे. पासून ४०° सें. ग्रे. पर्यंत) शास्त्रज्ञांमध्ये साहजिकच खूप औत्सुक्य निर्माण झाले. आधुनिक भौतिकशास्त्राची प्रचंड प्रगती होऊन सुद्धा याचे स्पष्टीकरण देता येत नाही. कदाचित असेही असू शकते की,

इंडिअमच्या विलय-क्रियेसंबंधी सिद्धांत फक्त जास्त प्रमाणातील इंडिअमबाबतच लागू पडत असेल. कॅनडातील भौतिक शास्त्रज्ञांनी तर फक्त काही अणूंचा अभ्यास केला होता.

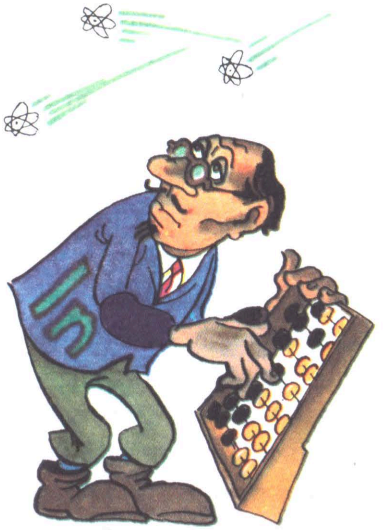
इंडिअमचा एक महत्त्वाचा गुणधर्म म्हणजे तीव्र अल्क आणि समुद्राच्या पाण्याचा त्यावर परिणाम होत नाही. तांब्याच्या मिश्रधातूंमध्ये थोडेसे इंडिअम मिसळले असता त्यांनासुद्धा हा गुणधर्म प्राप्त होतो. या मिश्रधातूपासून तयार केलेले जहाजाचे कवच बऱ्याच काळापर्यंत समुद्राच्या पाण्यापासून अबाधित राहते.

विमानांमधील धाराव्यांचे कार्य अत्यंत प्रतिकूल परिस्थितीत चालते. विमानाच्या शाफ्टचे एका मिनिटामध्ये हजारो फेरे होतात. त्यामुळे धारावे तापतात व वंगणाच्या क्रियेच्या संदर्भात त्यांची विरोध-क्षमता कमी होते. धाराव्यांचे झीजेपासून रक्षण करण्याकरता त्यावर इंडिअमचा पातळ थर द्यावा असे सुचविण्यात आले. कारण, इंडिअमचे अणू केवळ धातूच्या पृष्ठभागावरच रहात नाहीत तर धातूच्या अंतर्भागात खोलवर जातात आणि एक शक्तिशाली मिश्रधातू तयार करतात. या धातूवर वंगणाचा काहीच परिणाम होत नाही व धाराव्यांचे आयुष्य पाचपटींनी वाढते.

दंत-वैद्यक शास्त्रामध्ये इंडिअमचे महत्त्व आहेच. इंडिअमचे मिश्रधातू (रूपे, कथील, तांबे आणि जस्त याबरोबर) ताकतवान असतात. त्यांच्यामध्ये क्षरण-विरोधी क्षमता असते. म्हणूनच दातांमधील पोकळी भरून काढण्यास ते उत्कृष्ट ठरतात. हा धातू दातांच्या पोकळीत भरल्यानंतर घनरूप झाल्यावर धातूंच्या आकुंचन पावण्याच्या क्रियेला निर्बंध घालण्याचे काम इंडिअम करते.

विमान-रचनाकारांच्या दृष्टीने जस्त-इंडिअम मिश्रधातूंचे खूप उपयोग आहेत. विमानाच्या पोलादी पंख्यासाठी हा एक उत्कृष्ट क्षरण-विरोधी मिश्रधातू

आहे. ऑक्साइड आणि कथील यांच्या मिश्रधातूचा पातळ थर वारा अडविणाऱ्या काचांचे खात्रीने रक्षण करतो. या "ब्लँकेट"मुळे काच गोठत नाही व बर्फामुळे अंधुक न होता स्वच्छ राहते. काचेचे सील, आणि काच व धातूमधील सील तयार करताना (निर्वात अभियांत्रिकी) इंडिअम मिश्रधातू वापरतात.



इंडिअमचे काही मिश्रधातू अतिशय सुंदर असल्यामुळे जड-जवाहिऱ्यांमध्ये त्यांचा उपयोग होतो. ७५ टक्के सोने, २० टक्के रूपे आणि ५ टक्के इंडिअम असलेल्या मिश्रधातूला "हिरवे सोने" असे संबोधिले जाते. स्टुटबेकर या अमेरिकन कंपनीने स्वयंचलित वाहनांच्या बाहेरील भागांवर क्रोमिअमऐवजी इंडिअमचा थर देण्यास सुरुवात केली आहे. व अशा तऱ्हेने त्यांचा सेवाकाल वाढविला जातो.

अणूभट्ट्यांमध्ये तापीय न्यूट्रॉनचा अभिवाह व त्यांची ऊर्जा मोजण्यासाठी इंडिअमचा पत्रा वापरतात. इंडिअमच्या स्थायी समस्थानिकांवर न्यूट्रॉन आदळल्यानंतर त्यांचे किरणोत्सारी समस्थानिकांमध्ये रूपांतर होते. या प्रक्रियेत उत्सर्जित होणाऱ्या इलेक्ट्रॉनच्या प्रवाहाची तीव्रता आणि ऊर्जा न्यूट्रॉन अभिवाहाइतकीच असते.

पण इंडिअमचा सर्वात महत्त्वाचा उपयोग अर्धवाहक उद्योगधंद्यात आहे. जर्मेनिअमपासून तयार केलेल्या एकदिशाकारक आणि प्रवर्धकांमध्ये अतिशय शुद्ध इंडिअम अत्यावश्यक आहे. या ठिकाणी इंडिअम अशुद्ध द्रव्याचे कार्यकरून पोकळीतील संवहनाची खात्री देते. या कामाकरता जे इंडिअम वापरण्यात येते ते अतिशय शुद्ध असते. रसायनज्ञांच्याच भाषेत सांगायचे तर इंडिअमची शुद्धता "नऊ हा आकडा सहा वेळा" लिहून (९९.९९९९ टक्के!) व्यक्त करण्यात येते. इंडिअमची काही संयुगे (सल्फाइड, सेलेनाइड, अँटिमोनाइड आणि फॉस्फाइड) स्वतःच अर्धवाहक असतात. ही संयुगे तापयुग्मे आणि इतर उपकरणांमध्ये वापरतात. अवरक्त अभिज्ञापकामध्ये इंडिअम अँटिमोनाइड आधारभूत ठरले आहे. अंधारातील किंचित उबदार वस्तू "पाहण्यासाठी" या अभिज्ञापकाचा उपयोग होतो.

बाह्य अवकाशातील "मोहीमे"वर पाठविलेल्या थोडया रासायनिक मूलद्रव्यांपैकी इंडिअम हे एक मूलद्रव्य आहे. अकार्बनी पदार्थांच्या उद्योगधंद्यात

नवीन पर्व सुरू करण्याचे काम इंडिअमवर सोपविले आहे. १९७५ मध्ये "सयूज-अपोलो" ही सोविएत-अमेरिकन संयुक्त अवकाश मोहीम सुरू होण्यापूर्वी 'तास' या वृत्तसंस्थेला दिलेल्या मुलाखतीत मोहिमेचे कप्तान ॲलेक्सी लिओनोव आणि थॉमस स्टॅफर्ड यांनी अवकाशात करावयाच्या कार्याचे महत्त्व प्रतिपादन केले. धातू वितळविणे व विविध पदार्थांचे स्फटिक तयार करण्याचा त्यामध्ये समावेश होता. ॲलेक्सी लिओनोव म्हणाले "नवीन पदार्थ, धातू आणि अर्ध-वाहक तयार करण्याची शक्यता आम्ही पडताळून पाहणार आहोत. पृथ्वीवर जे पदार्थ एकजीव करता येत नाहीत असे पदार्थ एकजीव करणे व नवीन उष्णतारोधक पदार्थ अवकाशात तयार करणे शक्य आहे असे सोविएत आणि अमेरिकन अवकाश यात्रींना वाटते..." स्टॅफर्डच्या म्हणण्यानुसार, "स्कायलॅब" स्थानकावर अमेरिकन अवकाश-यात्रींनी इंडिअम ॲंटिमोनाइडचे स्फटिक तयार करण्याचे प्रयोग केले. पृथ्वीवर आजपर्यंत तयार केलेल्या स्फटिकांपेक्षा सर्वाधिक ताकतवान आणि शुद्ध स्फटिक तयार करण्यात यश मिळाले आहे.

त्यानंतर १९७८ ते १९८० या काळात सल्युत-६ स्थानकांवरील यात्रींनी इंडिअम आणि त्याच्या संयुगांसंबंधी नवनवीन प्रयोग केले.

पृथ्वीवर सुद्धा इंडिअम संयुगांवरील प्रयोग सुरूच होते. ३०,००० वातावरणीय दाबाखाली इंडिअम ॲंटिमोनाइडच्या स्फटिकजालकाची रचनाच बदलते व त्याची विद्युत-वाहकता १,०००,००० पटींनी (!) वाढते.

इंडिअमचे जागतिक उत्पादन फार जास्त नाही: प्रतिवर्षी काही डझन टन एवढेच. हा मौल्यवान धातू, जस्त, शिसे, तांबे आणि कथीलाच्या धातुकांवर प्रक्रिया करताना उप-पदार्थाच्या स्वरूपातच मिळतो. लोकशाही प्रजासत्ताक जर्मनीमधील शास्त्रज्ञांनी हा धातू तयार करण्याकरता एक मजेशीर पद्धत शोधली आहे. तांब्यावर प्रक्रिया करणाऱ्या कारखान्यातील धुळीमधून हा धातू त्यांनी मिळविला. या धुळीवर प्रथम सल्फुरिक आम्ल ओतण्यात आले व त्यानंतर अनेक गुंतागुंतीच्या प्रक्रियाकरून शुद्ध धातूचे निष्कर्षण करण्यात आले.

इंडिअमबद्दल जितकी अधिकाधिक माहिती उपलब्ध होत आहे तितके या धातूमधील स्वारस्य वाढत आहे. काही वर्षांपूर्वी अमेरिकन भौतिकतज्ज्ञांना आढळले की, इंडिअमच्या केंद्रकाचा आकार फुटबॉल प्रमाणे असून त्याचे टोक विषुवृत्ताकडे आहे.

निसर्गामध्ये इंडिअम फारच क्वचित आढळते. तरीपण उद्योगधंद्यामध्ये त्याचे महत्त्व दरवर्षी वाढतच राहणार यात शंका नाही.

स्कॅटालहसन मठातील वास्तव्य
(अँटिमनी)

निष्फळ स्वप्न – धूर्त मठवासीची शक्कल – अनेक वर्णने – सौंदर्यप्रसाधनांच्या सेवेत – प्राचीन बॅबिलोनिआत – अँटिमनीची विजयोत्सवी मोटार – अवकाशीय वस्तूंची कमतरता – फसवे स्वरूप – आधाशी लांडगा – सूर्यावर अँटिमनीच्या खुणा नाहीत – किर्गिझिआतील शोध – अवघड नाही परंतु काळजी करण्याजोगे – अस्थिर अशुद्ध द्रव्ये – शुद्धतेचा निकष – भर घालण्याकडे कल – तोफगोळ्यांचा सौदा – बॅबिटस्चा विसर पडला नाही – बंदुकीच्या गोळीच्या मार्गरेषेचा अभ्यास – अग्नीरोधक पडदा – दारूकाम – कार्यमग्न जीवाणू

मध्ययुगीन युरोपला, "परिसाच्या दगडा"च्या शोधाने एखाद्या रोगाच्या साथीप्रमाणेच झपाटले होते. एखाद्या वस्तूचा कोणत्याही धातूला स्पर्श होताच त्या धातूचे सोन्यामध्ये रूपांतर होण्याची कल्पनाच फार भुरळ पाडणारी होती. इतर सर्वसामान्य लोकांप्रमाणे सोन्याचा हव्यास धरणे देवभक्ती करणाऱ्या लोकांना शोभत नसले तरी हेच लोक परीसाच्या दगडाचा शोध घेण्याचे कार्य फार तळमळीने करत होते. त्या काळात एकही मठ असा नव्हता की ज्यामधील खोलीचे, अथवा तळघराचे रूपांतर किमयागारांच्या प्रयोगशाळेत झाले नव्हते. तेथील बकपात्रांमध्ये रंगबेरंगी द्रावणे दिवस-रात्र उकळत होती आणि खलांमध्ये संशयित पदार्थांचे चूर्ण करून त्यांचे मिश्रण केले जात होते. पण रहस्यमय असा परिसाचा दगड मात्र एक स्वप्नच राहिले.

आपल्या प्राणाची पर्वा न करता स्कॅटालहसन मठातील वरिष्ठ अधिकारी, लिओनॉर्डस्ने "परिसाचा दगड" तयार करण्याची कृती शोधण्याच्या कार्यास पूर्णपणे वाहून घेतले होते. त्या विनयशील धर्मगुरूने सुमारे डझनभर पद्धती पडताळून पाहिल्या. पण यशश्रीने त्याच्या गळ्यात माळ घातली नाही. एक दिवस त्याच्या मनात विचार डोकावला – समजा, कालच दहन केलेल्या त्या पाखंडी माणसाची आणि त्याच्या मांजराची रक्षा (प्राण्यांना सुद्धा धडा शिकविण्याच्या उद्देशाने मांजराला त्याच्या धन्याबरोबर जाळण्यात आले.) एकत्र करून तेथील माती त्यामध्ये दुप्पट प्रमाणात मिसळली तर ..." अशा प्रकारच्या "शास्त्रीय" दृष्टीकोनामुळे निश्चितच फायदा होईल असे त्याला वाटले.

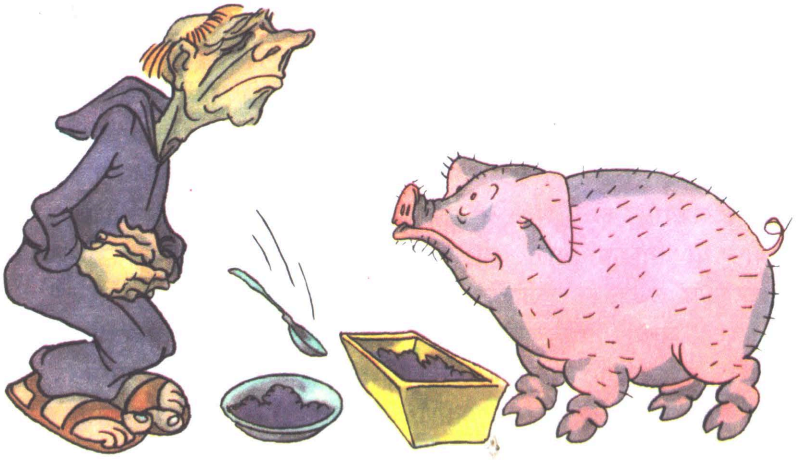
आणि त्याने ही कल्पना प्रत्यक्षात आणली: लिओनॉर्डस्ने राख आणि माती काळजीपूर्वक मिसळली. काही आवश्यक क्रिया-प्रक्रिया करून ते मिश्रण तापविले व त्या पदार्थाचे इथरप्रमाणे पारदर्शक पदार्थात रूपांतर होण्याची वाट पहात बसला, कारण तज्ज्ञांच्या मतानुसार, परिसाच्या दगडाचे स्वरूप या प्रमाणेच होते. दुर्दैवाने, जवळपास कोठेतरी सैतान लपून बसलेला असावा. मिश्रण थंड होताच एक जड, गडद रंगाचा व धातूप्रमाणे चकाकणारा पदार्थ त्यास मिळाला. या अपयशामुळे चिडून जाऊन त्या मानहानी झालेल्या मठाधिकाऱ्याने त्याच्या परिश्रमांचे ते फल मठाच्या पाठीमागच्या आवारात फेकून दिले.

पुष्कळ दिवस सरले. प्रार्थना आणि शास्त्रीय प्रयोगाच्या मधील काळात आवारामध्ये एक दिवस रमत-गमत फिरत असताना लिओनार्डस्‌ला दिसले की, त्याने फेकून दिलेला पदार्थ मठामधील डुकरे विशेष आवडीने चाटत आहेत. आजकाल डुकरे खूपच संतुष्ट दिसत असल्याचेही त्याला लगेच आठवले.

"हा पदार्थ नक्कीच खाण्याजोगा असला पाहिजे", त्या धूर्त मठाधिकाऱ्याने अंदाज बांधला. "माझ्या मठवासींना हा पदार्थ मी रोज खायला दिला तर "परिसाचा दगड" माझ्याजवळ नसला तरी मी श्रीमंत होईन!" चांगल्या कार्याला विलंब का? आपल्या खोलीकडे त्याने त्वरित प्रयाण केले आणि पुन्हा तो पदार्थ तयार केला. दुसऱ्या दिवशी ४० भुकेल्या मठवासींना आश्चर्य-कारक मेजवानी मिळाली. पण ... धिक्कार असो त्या सैतानाचा! तो झोपलेला नव्हताच मुळी; दुसऱ्याच दिवशी सर्व चाळीस मठवासींनी या जगाचा निरोप घेतला. आपण केलेले पाप लिओनॉर्डस्‌ला उमगले व यापुढे कोणतेही रासायनिक प्रयोग न करण्याची प्रतिज्ञा त्याने केली. या कमनशीबी दगडाला त्याने 'अँटिमो-निअम' (म्हणजे, मठवासींना मारणारा) हे नाव दिले.

अँटिमनी या नावाची उत्क्रांती सांगणारी ही एक हकिकत झाली. ही कथा विश्वसनीय आहे, अशी हमी देता येता येत नाही: यारोस्लाव हॅंझेक या झेकोस्लोवाकियाच्या प्रख्यात लेखकाने 'द स्टोन ऑफ लाईफ' नामक पुस्तकात ही कथा सांगितली आहे.

अनेक भाषांमध्ये अँटिमोनिअम हे नाव प्रचलित असून त्याचे मूळ, 'अँटॉस ॲमोनॉस' – म्हणजेच, ॲमनचे पुष्प – असा अर्थ असणाऱ्या ग्रीक शब्दात आहे (ॲमन हे एका दैवताचे नाव असून ग्रीक लोक त्यास झीअस नावाने, तर रोमन लोक ज्युपिटर या नावाने ओळखतात). गडद रंगाच्या चकचकीत अँटिमोनाइट खनिजांचे स्फटिक खरोखरच फुलांप्रमाणे दिसतात. रसायन-शास्त्राच्या इतिहासकारांचे असे मत आहे की, अँटिमोनॉस या ग्रीक शब्दावरूनच अँटिमनी हे नाव तयार झाले असून त्याचा अर्थ "एकांतवासाचा शत्रू" असा होतो. म्हणजेच, निसर्गामध्ये अँटिमनी एकटेच सापडत नसून इतर मूलद्रव्यां-बरोबरच ते आढळत असल्याचे सिद्ध होते.



अँटिमनी बाबत इतरही अनेक वर्णने आहेत. अँटनी लॅव्हॉसिएने माहीत असलेल्या रासायनिक मूलद्रव्यांची यादी जेव्हा तयार केली तेव्हा अँटिमनी हेच नाव त्याने सुचविले होते. अँटिमनीचे रशियन नाव 'सुरमा' असून तुर्की भाषेतील 'सुरमे' या शब्दाचा अर्थ डोळयांच्या भुवयांना पॉलिश करणे अथवा रंगविणे असा होतो. फार पूर्वी रशियामध्ये 'सरमिट' (गडद करणे) हा शब्द इतर रंजकद्रव्यांबाबतसुद्धा वापरला जात असे. सुरुवातीला, फक्त जांभळया-काळया रंगाच्या अँटिमनी ट्रायसल्फाइड या संयुगाकरताच सुरमा हा शब्द वापरण्यात येत असे. त्यानंतर मात्र आवर्ती कोष्टकातील ५१ क्रमांकाच्या मूलद्रव्याकरता तो वापरला जाऊ लागला. लॅटिन भाषेत अँटिमनीला 'स्टीबी' हा शब्द आहे. हा शब्द एकतर नैसर्गिक स्फटिकी स्वरूपाचे खनिज सूचित करणाऱ्या स्टीबी या ग्रीक शब्दापासून अथवा स्टीमी या शब्दापासून तयार झाला असावा. स्टीमी नावाचे रंगद्रव्य ग्रीक महिला सौंदर्यप्रसाधन म्हणून वापरत असत.

अँटिमनीचा इतिहास अति प्राचीन आहे. पूर्वेकडील प्राचीन राज्यांमध्ये (उदाहरणार्थ, बॅबिलोनिया) अँटिमनीपासून कलश, पेले आणि इतर वस्तू तयार केल्या जात.

इ. स. १६०४ मध्ये प्रसिद्ध झालेल्या "अँटिमनीची विजयोत्सवी मोटार" नामक पुस्तकात अँटिमनीचे गुणधर्म सर्वप्रथम विस्तृतपणे नमूद करण्यात आले. या पुस्तकाचा लेखक बॅसिल व्हॅलेंटाइन, रसायनशास्त्राच्या इतिहासात जर्मन धर्मोपदेशक महंत म्हणून ओळखला जातो. या नावाचा मनुष्य खरोखरीच होता काय, ते सिद्ध करता आलेले नाही. पण, मागील शतकाच्या सुरुवातीस असे दाखवून देण्यात आले की सेंट बेनेडिक्टच्या काळात या नावाचा कोणीच

महंत नव्हता. तरीसुद्धा, १५ व्या शतकात एरफर्ट येथील मठामध्ये बॅसिल नावाचा हा महंत रहात होता व तो किमया-शास्त्रात खूप निपुण असल्याचे सांगण्यात येते. त्याच्या मृत्यूनंतर सोन्याचा मुलामा दिलेल्या एका पेटीत काही हस्तलिखिते सापडली. परंतु, 'विजयोत्सवी मोटार'चा लेखक म्हणून त्याची ओळख पटली नाही. बॅसिल व्हॅलेंटिनच्या निरनिराळया पुस्तकांचा टीकारूप अभ्यास करून काढलेले निष्कर्ष बरोबर असल्याचे मानण्यास हरकत नसावी. या निष्कर्षानुसार, ही पुस्तके १६ व्या शतकाच्या उत्तरार्धानंतरच निरनिराळया लेखकांनी लिहिली असावीत असा कयास आहे.

इतर 'जुन्या' धातूंच्या तुलनेत, अँटिमनी हा धातू घडविणे अवघड असल्याचे मध्ययुगीन काळातच माहीत झाले होते. आणि म्हणूनच "अर्ध-धातू"च्या गटात जस्त, बिस्मथ आणि अर्सेनिक बरोबर त्याला ठेवण्यात आले. या मूलद्रव्याचा वेगळा विचार करण्याची इतर सुद्धा कारणे आहेत. किमया-शास्त्राच्या नियमानुसार, प्रत्येक धातूचा कोणत्या ना कोणत्या तरी अवकाशीय वस्तूशी संबंध होता. "आकाशातील सात ग्रह आणि सात धातूंची निर्मिती" असा किमयाशास्त्रातील एक नियम सांगतो. एक वेळ अशी होती की, सात अवकाशीय वस्तू (चंद्र, सूर्य आणि पाच ग्रह. यामध्ये पृथ्वीचा समावेश नव्हता.) व सातापेक्षा अधिक धातू माहीत होते. या संबंधामागील गहन तात्त्विक सत्य फक्त अडाणी लोकांनाच कळत नाही असा ठाम विश्वास होता. किमया-शास्त्राच्या नियमानुसार, अवकाशात सूर्य, चंद्र, शुक्र, मंगळ, बुध, गुरु आणि शनी या ग्रहांचा अनुक्रमे, सोने, रूपे, तांबे, लोखंड, पारा, कथील आणि शिसे या धातूंशी संबंध होता. इतर कोणत्याही धातूचा विचार करण्यात आला नव्हता.

शिसे आणि बिस्मथ यांना 'अर्ध-धातू' हे बिरूद देणे खरोखरच अन्यायाचे होते. पण, अँटिमनीचे विक्षिप्त असे भौतिक आणि रासायनिक गुणधर्म पाहता त्याचा अर्ध-धातूंच्या यादीत समावेश केला ते योग्यच झाले.

तुम्हीच विचार करा. अँटिमनीचा एक प्रमुख प्रकार – म्हणजे करडे अँटिमनी होय. हा करडया-पांढऱ्या रंगाचा धातू असून त्याला निळसर छटा असते. या धातूमध्ये अशुद्ध द्रव्ये जितकी अधिक तितकी ही रंगछटा अधिक गडद असते (पिवळे, करडे आणि स्फोटक अँटिमनी हे अँटिमनीचे आणखी तीन प्रकार आहेत). करडे अँटिमनी अगदी ठिसूळ असून त्याचे सहज चूर्ण करता येते. दुसरे असे की, उष्णतेचे आणि विद्युतप्रवाहाचे ते चांगले वाहक नाही. रासायनिक अभिक्रियांमध्ये सुद्धा अँटिमनीची वागणूक अशी विचित्र आहे की, त्यास धातू म्हणावे की अर्ध-धातू हेच कळत नाही.

आपल्या समूहामध्ये अँटिमनीला सामावून न घेणाऱ्या इतर धातूंविरुद्ध सूड म्हणूनच की काय वितळलेले अँटिमनी या धातूंना विरघळवून टाकते.

अँटिमनीचा हा गुणधर्म पूर्वीसुद्धा माहीत होता. किमया शास्त्राच्या अनेक उपलब्ध पुस्तकांमध्ये, अँटिमनी व त्याच्या अनेक संयुगांचा उल्लेख "उघडच्या तोंडाचा लांडगा" असा करण्यात आला आहे. जर्मन किमयागार मेअरने १६१८ मध्ये प्रसिद्ध केलेल्या "रनिंग अटलांटा" या पुस्तकातील एका चित्रात लांडगा राजाला खात असल्याचे दाखविण्यात आले होते. त्याच चित्राच्या पार्श्वभागी हा राजा जिवंत दाखविला असून तो सरोवरातील बोटीच्या दिशेने पळत असल्याचे दिसते. सरोवराच्या पलीकडील किनाऱ्यावरील राजवाड्याकडे नेण्याकरता एक बोट सज्ज असल्याचे सुद्धा चित्रात दाखविण्यात आले होते. या चित्रामधून, अँटिमनीचे प्राकृतिक सल्फाइड संयुग – अँटिमोनाईटच्या (लांडगा) साहाय्याने सोन्याचे (राजा), रूपे आणि तांब्याच्या अशुद्ध द्रव्यांपासून शुद्धीकरण करण्याची प्रक्रिया सूचित होते. अँटिमोनाईट बरोबर सोने वितळले असता रूपे आणि तांब्याची सल्फाइड संयुगे तयार होतात व सोने आणि अँटिमनी एकत्र होतात. त्यानंतर, अँटिमनी – सोने यांचे संयुग हवेच्या झोतात ठेवले असता ट्रायऑक्साइडच्या स्वरूपात अँटिमनीचे बाष्पीभवन होते. १८ व्या शतकापर्यंत ही पद्धत वापरण्यात येत होती.

पृथ्वीच्या कवचामध्ये अँटिमनीचे प्रमाण फक्त $५.१०^{५}$ टक्के एवढेच आहे. सुमारे शंभर खनिजांमध्ये ते आढळते. यापैकी सर्वाधिक पसरलेले खनिज म्हणजे अँटिमोनाईट किंवा स्टिबनाइट हे होय. त्यामध्ये ७० टक्क्यांहून अधिक अँटिमनी असते अँटिमनीच्या व्यापारी उत्पादनाकरता तो एक आधारभूत कच्चा माल आहे. कर्मेसाइट, सर्वेटाइन आणि व्हॅलेंटिनाइट ही अँटिमनीची इतर महत्त्वाची खनिजे आहेत.

उल्का पाषाणांमध्ये सुद्धा बऱ्याच वेळा अँटिमनी सापडले आहे, परंतु सूर्यावर मात्र ते आढळले नाही. इतर अनेक मूलद्रव्यांचे सूर्यावरील अस्तित्व वर्णपटाने सिद्ध करण्यात आले आहे.

चीन, झेकोस्लोवाकिया, बोलिव्हिया, मेक्सिको, जपान, अमेरिका आणि अफ्रिकेतील काही देशांमध्ये अँटिमनी युक्त खनिजांचे साठे आढळतात. क्रांतीपूर्व रशियात अँटिमनीच्या धातूकांचे साठे शोधले गेले नव्हते व अँटिमनीचे उत्पादन

सुद्धा करण्यात आले नाही (विसाव्या शतकाच्या सुरुवातीस रशिया दरवर्षी १००० टन अँटिमनी आयात करत असे). ख्यातनाम सोविएत भूस्तरतज्ज्ञ, अकादमिशिअन डी. शेरबाकोव यांनी त्यांच्या नोंदवहीत लिहिले होते की, अँटिमनी धातुकाच्या खुणा किर्गिझिआ पर्वतात १९१४ साली आढळून आल्या. पण त्यावेळी रशियात अशी स्थिती होती की, इतर बाबींकडे लक्ष देणे अगत्याचे होते. त्या भागाचे भूशास्त्रीय सर्वेक्षण तब्बल वीस वर्षांनी करण्यात आले. १९३४ मध्ये कादामजय खाणीतून अँटिमनी ट्रायसल्फाइडचे उत्पादन करण्यात आले आणि त्यानंतर एक वर्षाने धात्विक अँटिमनीचे देशात प्रथम उत्पादन झाले. १९३६ पासून अँटिमनीच्या आयातीची गरज भासली नाही.

अँटिमनीच्या धातुकांपासून अथवा संहतांपासून अँटिमनीचे निष्कर्षण करणे फारसे अवघड नाही. लोहाबरोबर भाजले असता अँटिमनी त्याच्या सल्फाइड संयुगांपासून वेगळे होते. त्यानंतर कार्बनच्या साहाय्याने त्याचे क्षपण करता येते. अँटिमनीच्या निष्कर्षणाकरता एक जलधातुशास्त्रीय पद्धत सुद्धा आहे. अँटिमनीचे द्रावणात रूपांतर करून विद्युत-अपघटन पद्धतीने त्याचे निष्कर्षण करण्यात येते. पण या पद्धतीमधील उणीवा ठळकपणे दिसून येतात ; मिळालेला धातू अशुद्ध असतो, त्यामधील लोह, तांबे, अर्सेनिक आणि गंधकाचे प्रमाण तर कधीकधी १० ते १५ टक्क्यांपर्यंत असते.

या अशुद्ध अँटिमनीमुळे ग्राहकांचे समाधान होत नाही. म्हणजेच, अँटिमनी शुद्ध करावयास हवा. अँटिमनीमधील अशुद्ध द्रव्यांबरोबर संयोग पावतील अशा पदार्थांबरोबर अँटिमनी पुन्हा वितळविण्यात येते. गंधकाची लोहाबरोबर क्रिया होते, सोडिअमच्या साहाय्याने अर्सेनिक मुक्त होते, व अँटिमनी सल्फाइड-बरोबर लोह आणि तांबे बाहेर पडतात. या पद्धतीला अग्नी-शुद्धीकरण पद्धत असे संबोधतात.

विद्युत-अपघटन निष्कर्षण पद्धतीमध्ये विद्युत-अपघटनीमधून सोडलेल्या विद्युत प्रवाहामुळे अँटिमनीचे अणू ऋणाग्रावर जमा होतात, व तेथेच ते "चिकटून" राहतात. अशुद्ध द्रव्यांवर विद्युत-प्रवाहाचा काहीच परिणाम होत नसल्यामुळे ती भांड्यामध्येच राहतात.

शुद्ध अँटिमनीमध्ये ०.५% ते ०.८% पेक्षा अधिक प्रमाणात अशुद्ध द्रव्ये नसतात. पण म्हणून सर्वांचे समाधान होतेच असे नाही. अर्ध-वाहक पदार्थ तयार करणाऱ्या उद्योगधंद्यामध्ये ९९.९९९ टक्के शुद्ध अँटिमनीची जरूर असते. इतकी शुद्धता विभाग-विलयन पद्धतीमुळे मिळते. (स्फटिक-भौतिक पद्धत.) ग्राफाइटच्या पात्रामध्ये (बोटीच्या आकाराच्या) अँटिमनीची पट्टी क्वार्ट्झ् नलिकेत प्रभारित करतात. या पट्टीच्या दिशेनेच कंकणाकृती विद्युत-उष्मिका सरकविली जाते. वितळत असताना, अँटिमनीच्या पट्टीचा प्रथम एक भाग त्यानंतर दुसरा याप्रमाणे तापला जातो. पट्टीच्या एका भागाकडून

उष्मिका काढून घेतली असता त्या भागातील धातूचे घनीभवन होते व सर्व अशुद्ध द्रव्ये पट्टीच्या दुसऱ्या भागात सरकतात. अशुद्ध द्रव्यांचे मूळ धातूबरोबर स्फटिकीभवन होत नाही, तर ती द्रवस्वरूपातच राहतात. (हिवाळ्यात, उत्तरेकडील समुद्रावर तरंगणाऱ्या बर्फामध्ये क्षार अजिबात नसतात पण त्या-खालील समुद्राच्या पाण्यात क्षारांचे प्रमाण मात्र भरपूर असते.) वितळलेल्या धातूमधून अशुद्ध द्रव्ये पुढे सरकतात व शेवटी पट्टीच्या एका टोकाजवळ जमा होतात. हा भाग कापण्यात येतो. उरलेला भाग म्हणजे अतिशय शुद्ध अँटिमनी असते. कधीकधी निष्क्रीय वायूच्या सान्निध्यात धातू वितळविण्यात येतो. हा वायू कोणत्याही अभिक्रियेत भाग घेत नाही.

अशा प्रकारे अनेक टप्प्यांमध्ये शुद्धीकरण करून मिळविलेले अँटिमनी बहुतेक सर्व गरजा पूर्ण करते, १९५८ मध्ये ब्रुसेल्स येथील जागतिक प्रदर्शनात कादामजय इंटिग्रेटेड वर्क्स यांनी निर्मिलेले अतिशुद्ध अँटिमनी ठेवण्यात आले होते. जगातील सर्वोत्कृष्ट प्रतीचे अँटिमनी म्हणून त्याची गणना झाली व जागतिक मानक म्हणून त्या नमुन्याचा स्वीकार करण्यात आला.

नेमके याच प्रतीचे अँटिमनी जर्मेनिअममध्ये मिसळतात (०.०००००१%), जर्मेनिअम हा एक महत्त्वाचा अर्धवाहक पदार्थ असून अँटिमनीमुळे त्याच्या गुणधर्मात सुधारणा होते. पण समजा, अँटिमनीच्या एक हजार अणूंमध्ये तांब्याचा एक अणू जरी असला तरी त्यामुळे धातूचे नुकसानच होते. म्हणूनच अर्धवाहक पदार्थ तयार करण्याच्या कारखान्यात रवानगी करण्यापूर्वी अँटिमनीवर लांबलचक प्रक्रिया करावी लागते. अँटिमनीची काही संयुगे (उदाहरणार्थ, गॅलिअम आणि इंडिअम बरोबर) मूलतः उत्कृष्ट अर्धवाहक असतात. सोविएत संघाच्या "सल्युत-६" व अमेरिकेच्या "स्कायलॅब" अंतरिक्ष स्थानकांवर वजनविरहीत अवस्थेमध्ये अँटिमनी युक्त अनेक अर्धवाहक पदार्थ तयार करण्यात आले.

अर्धवाहक तयार करण्याकडे अँटिमनी कमी प्रमाणात वापरले जाते. सुमारे दोनशे मिश्रधातू तयार करण्यासाठीच प्रामुख्याने अँटिमनी वापरले जाते. १६ व्या शतकातील एक प्रसिद्ध खनिजतज्ज्ञ जॉर्ज अॅग्रिकोल लिहितो – "कथीलाबरोबर जर विशिष्ट प्रमाणात अँटिमनी वितळविले तर छपाईचे ठसे तयार करण्यासाठी योग्य असा धातू तयार होतो." आजही हाच धातू वापरला जातो. ठशांच्या धातूशिवाय (अँटिमनी, कथील व शिसे यांचा मिश्रधातू) आज एकाही छापखान्याचे काम चालणे शक्य नाही. वितळलेल्या अँटिमनीचे घनीभवन होताना त्याचे (गॅलिअम आणि बिस्मथप्रमाणे) वस्तुमान वाढते. म्हणूनच, छपाईचे धातू जेव्हा साच्यांमध्ये ओतले जातात तेव्हा घनीभूत झाल्यावर साच्यांमध्ये अँटिमनीयुक्त धातू बरोबर घट्ट बसतो. या गुणधर्मामुळेच मुद्रित करावयाच्या अक्षरांची अथवा चिन्हांची दर्पण-प्रतिमा अतिशय अचूक

होते. अँटिमनीमुळे ठशांचा धातू टणक बनतो व त्यास झीजरोधकता प्राप्त होते. हे गुणधर्म अतिशय महत्त्वाचे ठरतात कारण प्रत्येक ठसा कागदावर हजारो वेळा उमटावयाचा असतो. थंड होते वेळी प्रसरण पावणाऱ्याच्या अँटिमनी-च्या गुणधर्मामुळेच त्याचे मिश्रधातू दागिन्यांच्या ओतकामात वापरतात. या कामात अतिशय बारीक-सारीक गोष्टींची हुबेहुब नक्कल आवश्यक असते.

टणक आणि क्षरण-विरोधी क्षमता असणारे अँटिमनी आणि शिशाचे मिश्रधातू रासायनिक अभियांत्रिकीमध्ये वापरतात (पात्रे आणि आम्ल-विरोधी उपकरणांच्या बाजूंवर थर देण्याकरता). तसेच अल्क आणि इतर जहाल द्रवपदार्थ वाहून नेणाऱ्या नलिका, विद्युत तारा, टेलिफोन व तार-यंत्रणेतील तारांच्या आवरणामध्ये, शिसे-आम्लाच्या जाळ्या, बंदुकीच्या गोळ्यां-चा आतील भाग, छर्रे, तोफेचे गोळे यांच्या उत्पादनात सुद्धा अँटिमनी हमखास आढळते.

कथील आणि तांब्याप्रमाणेच, धाराव्यांसाठी लागणाऱ्या मिश्रधातू (बॅबिटस्) मध्ये अँटिमनीचा वापर होतो. या प्रकारचा मिश्रधातू १८३९ मध्ये अमेरिकन अभियंता बॅबिट याने सर्वप्रथम तयार केला. या मिश्रधातूचा इतिहास जुना असला तरी रचनाकारांना त्यामध्ये अजूनही स्वारस्य आहे. "मृदू आधारा-तील टणक कण" अशी त्यांची संरचना असल्यामुळे धाराव्यांसाठी आवश्यक असे प्रति-घर्षण गुणधर्म या मिश्रधातूला प्राप्त होतात. हे गुणधर्म म्हणजे कमी घर्षण-गुणांक, सुरळित चलनक्रिया आणि वारंवार घर्षण झाल्यामुळे धातू कमजोर होण्याविरुद्ध उच्च क्षमता हे होत. कच्च्या लोहात ०.५ टक्के अँटिमनी मिसळल्यास घर्षण-विरोधी क्षमता असलेला आणखी एक उत्कृष्ट पदार्थ मिळतो.

गुन्हेगारीचा शोध लावण्याकरता अँटिमनीचा नुकताच उपयोग होऊ लागला आहे. बंदुकीची गोळी उडविल्यानंतर गोळीच्या मार्गात एक चक्राकार प्रवाह निर्माण होतो. या प्रवाहात शिसे, अँटिमनी बेरिअम आणि तांब्यासह अनेक पदार्थांचे सूक्ष्मातिसूक्ष्म कण असतात. हे पदार्थ जमिनीवर अथवा इतर पृष्ठभागांवर जमा होऊन अदृश्य पट्टा तयार करतात. आधुनिक विज्ञानातील प्रगतीमुळे हा पट्टा दृश्यमान करता येतो, व त्यानुसार बंदुकीच्या गोळीचा मार्ग निश्चित करता येतो. ओल्या फिल्टर पेपरच्या पट्ट्या निरीक्षणाखालील पृष्ठभागावर पसरल्या जातात, अणूभट्टीमध्ये त्यावर न्यूट्रॉनचा मारा करण्यात येतो. परिणामी, (अँटिमनीसह) कागदाला चिकटलेल्या अणूंचे किरणोत्सारी समस्थानिकात रूपांतर होते. किरणोत्साराच्या क्रियाशीलतेवरून नमुन्यांतील मूलद्रव्यांचे प्रमाण सिद्ध होते. या माहितीमुळे संशोधकांना बंदुकीच्या गोळ्यांचा मार्ग, त्यांनी कापलेले अंतर आणि खुद्द गोळीची आणि ज्या शस्त्रामधून ती झाडण्यात आली याबाबत विश्वसनीय पुरावा मिळतो.

अँटिमनी संयुगांचे सुद्धा विविध उपयोग आहेतच. रबराचे व्हल्कनीकरण,

सभागृहांतील पडदे आणि ताडपत्र्यांमधील धाग्यांना अँटिमनी ट्रायॉक्साइडने भरीवपणा येऊन त्याना आगविरोधी क्षमता प्राप्त होते. जहाजांच्या पाण्याखाली बुडालेल्या भागांवरील रंगाच्या थरात; तसेच कलाकुसरीची कामे, मृत्तिका-शिल्पे, चिनीमातीची भांडी आणि मौल्यवान काचेवरील कलाकुसर करण्याकरता वापरावयाच्या रंगांमध्ये ("नेपोलिअन यलो") रंगद्रव्य म्हणून अँटिमनी संयुगे वापरण्यात येतात.

अँटिमनीचे एक संयुग आपण नेहमी हाताळत असतो: आगपेटीच्या बाजूंवर लाल फॉस्फरसचे जे आवरण असते त्यामध्ये अँटिमनी संयुग असते (म्हणूनच आगपेटयांच्या बाजू गडद तपकिरी रंगाच्या असतात). अँटिमनीचे काही क्षार शोभेच्या दारूकामात वापरतात. खुद्द अँटिमनीमुळे सुद्धा शोभेच्या दारूकामात रंगत येते: क्लोरीन भरलेल्या भांडयामध्ये अँटिमनीचे बारीक चूर्ण टाकले तर त्याचे कण तेजस्वी तारकांप्रमाणे प्रकाशतात. भांडयामध्ये अँटिमनी पेंटा-क्लोराइडचा पांढरा धूर तयार होईल. स्फोटक अँटिमनी इतके अस्थायी असते की, त्यास स्पर्श करताच अथवा ते किंचित तापविले तरी करडया रंगाच्या अँटिमनीमध्ये त्याचे रूपांतर होते.

जीवाणू संबंधित जीवशास्त्रीय प्रक्रियांवरील संशोधन १९७४ मध्ये सोविएत संघामध्ये करण्यात आले. अँटिमनीच्या साठयांवर अनेक वर्षे अभ्यास केल्यावर असे निष्पन्न झाले की, अँटिमनीचे सावकाशपणे ऑक्सिडीकरण होत असते. अर्थात ही प्रक्रिया नेहमीच्या स्थितींमध्ये घडून येत नाही. (३००° सें. ग्रे. पेक्षा अधिक तपमानावरच ही प्रक्रिया घडून येते.) साठयांमधील अँटिमनीची रासायनिक वर्तणूक कशामुळे बदलते? ऑक्सिडीकरण झालेल्या अँटिमनीचे सूक्ष्मदर्शकातून निरीक्षण केले असता त्यावर आजपर्यंत माहीत नसलेल्या जीवाणूंनी "वस्ती" केल्याचे दिसले. अँटिमनीच्या ऑक्सिडीकरणास हे जीवाणूच

जबाबदार होते. पण ते एवढ्यावर थांबत नाहीत. ऑक्सिडीकरणाची प्रक्रिया पूर्ण होताच निर्माण झालेल्या ऊर्जेचा उपयोग रासायनिक संश्लेषणाकरता करून जीवाणूंनी कार्बोनिक आम्लाचे रूपांतर कार्बनी पदार्थांमध्ये केले.

रासायनिक संश्लेषण सर्वप्रथम १८८७ मध्ये रशियन शास्त्रज्ञ एस. विनोग्रादस्की यांनी शोधले व विवेचन केले. अगदी काल-परवापर्यंत, जीवाणूजन्य ऑक्सिडीकरणात रासायनिक संश्लेषणाकरता ऊर्जा उत्सर्जित करणारी फक्त चार मूलद्रव्ये ठाऊक होती – नायट्रोजन, गंधक, लोह आणि हायड्रोजन ही ती चार मूलद्रव्ये होत. यामध्ये आता अँटिमनीची सुद्धा भर पडली आहे.

निळया रंगाचे दोन अपरिचित

(सिशिअम)

इतिहासाचा लहरीपणा – केवळ सत्यासाठी – ज्योतीचा रंग बदलतो – रंगाची उधळण – भला राजपुत्र – परिचय पत्रे – स्क्वार्झवाल्डहून आलेले पार्सल – दोन निळया रेषा–शेरलॉक होम्सला स्वारस्य नाही–धुम्रपानात सिशिअम–न्यायाधिशातर्फे बक्षीस–ते कसे ठेवायचे?–स्पर्श करू नका–प्रकाशाप्रमाणे नाहीत–एकाकी इलेक्ट्रॉन–यंत्ररचनेला लाचु–चारशे मैल पुढे–अंधारात पाहणे – अतिदूर ताऱ्याकडे – गिळंकृत केलेले अणू – आज आणि उद्या

इतिहास फारच चोखंदळ असतो. इतिहासाच्या पानोपानी प्रत्येक व्यक्तीचा उल्लेख मुळीच नसतो. ज्यांनी आपल्या स्पर्धकांपेक्षा काहीतरी वेगळे करून दाखविले आहे अशा "व्यक्तीं"नाच फक्त हा मान मिळाला आहे. इतिहासामध्ये तर्कशुद्धपणा आहे. पहिले कृत्रिम मूलद्रव्य म्हणून टेक्नेशिअमला किंवा प्रथम सूर्यावर आणि त्यानंतरच पृथ्वीवर सापडलेला आवर्ती कोष्टकातील एकमेव "रहिवासी" म्हणून हेलिअमला सुद्धा इतिहासामध्ये खास स्थान मागण्याचा अधिकार का बरे नसावा?

अशा काही सुदैवी मूलद्रव्यांमध्ये सिशिअमचा समावेश आहे. वर्णपटीय विश्लेषणाच्या इतिहासात सिशिअमने आपले नाव निळया अक्षरात लिहिले. पण सत्याची बाजू राखून आपण असे म्हटले पाहिजे की, जर्मन रसायनज्ञ बुनसेन आणि किरचॉफ यांनी हे नाव कोरले. हे नाव निळया रंगातच का लिहिले हे वाचकांच्या लवकरच लक्षात येईल.

१८५० च्या सुमारास हैडेलबर्ग विद्यापीठातील प्राध्यापक बुनसेन याचे एका घटनेकडे लक्ष वेधले गेले. विज्ञानाच्या संदर्भात ही घटना विशेष महत्त्वाची नव्हती. ज्वालकाच्या ज्योतीमध्ये धातूंचे क्षार टाकले असता ज्योतीचा रंग बदलतो. पूर्वी सुद्धा कधीतरी या गोष्टीची नोंद झाली असेल. पण बुनसेनला मात्र या प्रकारात विशेष स्वारस्य निर्माण झाले. आणि त्याचा अभ्यास करण्याचे त्याने ठरविले. त्याने निरनिराळया पदार्थांचे कण ज्योतीमध्ये धरले व प्रत्येक वेळी ज्योतीचा रंग सरडयाच्या रंगाप्रमाणे बदलत गेला: जांभळा, पिवळा व नंतर गुलाबी. बुनसेनच्या प्रयोगातून दोन गोष्टी सिद्ध झाल्या – प्रत्येक धातूमुळे ज्योतीला ठराविक रंग प्राप्त होतो व दुसरे असे की धातूच्या स्थितीवर हा

रंग अवलंबून नसतो. जसे, बेरिअमच्या सर्व संयुगांमुळे ज्योतीला हिरवट छटा प्राप्त होते, तर कॅलशिअममुळे ज्योतीला लाल रंग मिळतो.

या वैशिष्ट्यांचा उपयोग करून एखाद्या पदार्थात कोणकोणती मूलद्रव्ये आहेत हे ठरविणे सहज शक्य आहे? तसे घडल्यास रासायनिक विश्लेषणाच्या क्षेत्रात एक खरोखरच क्रांती होईल. ही कल्पना फारच आकर्षक होती, पण प्रत्यक्षात उतरविणे अशक्य. नियमानुसार, कोणत्याही पदार्थामध्ये काही घटक असे असतात की ज्यामुळे स्पष्ट चित्र दिसत नाही. जेव्हा ही "घटक मंडळी" एकत्रितपणे ज्योतीमध्ये असतात त्यावेळी रंगांची उधळण होते. दुसरे असे की, सोडिअमच्या तेजस्वी रंगाप्रमाणे काही रंग, इतर रंगांच्या – उदाहरणार्थ, पोटॅशिअमच्या चटकन लक्षात न येणाऱ्या गुलबट जांभळ्या रंगाच्या – तुलनेत खूपच प्रखर असतात. एक रंग दुसऱ्या रंगात मिसळतो व त्या रंगाच्या छटा, दुसऱ्या अधिक प्रखर रंगाच्या पार्श्वभूमीवर दिसतच नाहीत. अशा परिस्थितीत कोणतेही विश्लेषण अचूक राहणार नाही.

तर मग, या विषयाचा नादच सोडून द्यावयाचा? परीकथांमध्ये, वाईट परिस्थितीत, एखादा भला राजपुत्र किंवा यक्ष मदतीला ऐन वेळी धावून येतो, कथेचा शेवट गोड करायचा असल्यामुळे परिस्थितीला एकाएकी कलाटणी दिली जाते. हैडेलबर्ग विद्यापीठात सुद्धा या प्रमाणेच काहीसे घडले. भल्या राजपुत्राची भूमिका बुनसेनचा दोस्त आणि सहकारी प्राध्यापक किरचॉफ याने पार पाडली. प्रकाशीकीमधील त्याने केलेल्या कार्यामुळे भौतिकतज्ज्ञ म्हणून किरचॉफला या आधीच प्रसिद्धी मिळाली होती. गरम केलेल्या घन व द्रवपदार्थांच्या वर्णपटांचा अभ्यास त्यावेळी तो करत होता. ज्वालकाच्या ज्योतीचे नव्हे तर, त्याच्या वर्णपटाचे निरीक्षण करावयास हवे असे त्याने बुनसेनला सांगितले. कारण, वर्णपटात सर्व रंगछटा अगदी स्पष्ट दिसतात. एक लोलक, चिरूट-पेटी, दोन लहान दुर्बिणी घेऊन किरचॉफने वर्णपटदर्शक-सदृश उपकरण तयार केले. ज्योतीचे निरनिराळ्या घटक-रंगांमध्ये विभाजन करण्याची क्षमता त्यामध्ये होती. यापूर्वी नुसत्या डोळ्यांनी ज्योतीचे निरीक्षण करावे लागत असे. आता मात्र, ज्योतींमधून येणारे प्रकाश-किरण अनेक भिंगे आणि लोलकांमधून आरपार जाऊन त्याचे विविधरंगी उभ्या पट्ट्यांमध्ये रूपांतर होण्यास सुरुवात झाली.

खाण्याच्या मीठाचा एक स्फटिक बुनसेनने ज्योतीमध्ये धरला. किरचॉफने उपकरणातून त्याचे निरीक्षण केले असता काळ्या पार्श्वभूमीवर दोन तेजस्वी पिवळ्या रेषा त्याला दिसल्या. सोडिअम या मूलद्रव्याचे ते परिचय-पत्र होते यात शंकाच नाही. त्यानंतर सोडिअम कार्बोनेट, सॉल्टपिटर, सोडिअम सल्फेट आणि इतर सोडिअम संयुगे ज्योतीमध्ये ठेवण्यात आली. प्रत्येक वेळी वर्णपटाच्या ठराविक भागातच दोन पिवळ्या रेषा न चुकता आढळल्या.

अनेक दिवस, आठवडे आणि महिने उलटले. शंभराहून अधिक पदार्थांचे ज्योतीमधून, लोलक आणि दुर्बिणींमधून निरीक्षण झाले. दोन्ही शास्त्रज्ञांना खात्री पटली की, प्रत्येक मूलद्रव्याची वैशिष्ट्यपूर्ण अशी वर्णपटीय रेषा असते. बोटांच्या ठशांवरून ज्याप्रमाणे गुन्हेगार हुडकून काढता येतो, त्याप्रमाणेच. वर्णपटीय रेषांवरून मूलद्रव्य शोधणे शक्य आहे. पदार्थांमधील घटकांचे प्रमाण एक दशलक्षांश मि. ग्रॅ. इतके अल्प का असेना वर्णपटदर्शकाची जादूमय दृष्टी ते चुकवू शकत नाही.

बुनसेन आणि किरचॉफ यांनी माहीत असलेल्या सर्व मूलद्रव्यांचा अभ्यास केला आणि त्यातील प्रत्येक मूलद्रव्याकरता अचूक असे वर्णपटीय वैशिष्टच ठरविले. त्यांच्या कार्यामुळे वर्णपटीय विश्लेषणाची एक नवीन शाखा उदयास आली. या पद्धतीमुळे एखाद्या पदार्थातील मूलद्रव्याचे केवळ अस्तित्वच सिद्ध करता येते असे नसून वर्णपटातील रेषांच्या प्रखरतेवरून त्या मूलद्रव्याचे प्रमाण सुद्धा सांगता येते. पण एवढ्यावरच सर्व काही संपले नाही.

१८३० मध्ये एक दिवस स्क्वार्झवाल्ड झऱ्यातील खनिजयुक्त पाण्याचा नमुना असलेले एक पार्सल बुनसेनच्या प्रयोगशाळेत आले. स्थानिक डॉक्टरांनी त्या पाण्याची संरचना ठरविण्यास बुनसेनला सांगितले. त्यावरून पाण्याच्या गुणकारकतेबद्दल काहीतरी सांगता येईल. निश्चितच. बुनसेनने लगेच पाण्याचे बाष्पीभवन केले व संहत द्रावणाचा एक थेंब ज्योतीमध्ये धरला. वर्णपटदर्श-कातून ज्योतीचे निरीक्षण करत असताना त्याच्या सराईत दृष्टीला सोडिअम, पोटॅशिअम, कॅलशिअम, स्ट्रॉंशिअम आणि लिथीअमच्या रेषा लगेच आढळल्या.

पण त्यापैकी दोन निळ्या रेषांचा हिशोब लागत नव्हता. ते स्ट्रॉंशिअम होते? पण स्ट्रॉंशिअममुळे फक्त एकच रेषा दिसते. सर्व मूलद्रव्यांच्या प्रमाणीत वर्णपटांबरोबर या वर्णपटाची तुलना करण्याचे काम बुनसेनने सुरूच ठेवले. पण या निळ्या रेषांचे कोडे मात्र त्याला उलडगले नाही. किरचॉफ सुद्धा हतबल ठरला. नवीन रासायनिक मूलद्रव्याचा शोधच त्या रेषा सूचित करत होत्या. या मूलद्रव्याला सिशिअम हे नाव देण्यात आले (सिशिअम शब्दाचा लॅटिन भाषेत 'आकाशी निळया रंगाचे' असा अर्थ होतो).

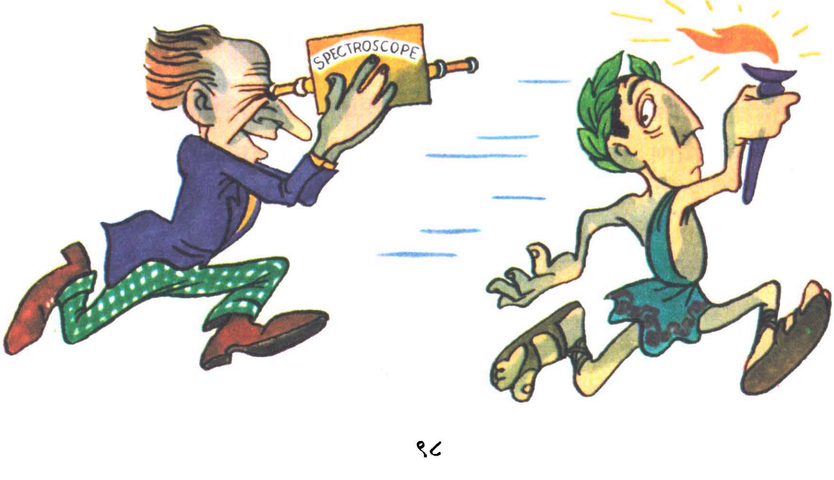
सिशिअम हे पहिले मूलद्रव्य असे होते की, ज्याचा शोध त्याच्या इतर 'वडील-बंधूं'प्रमाणे रासायनिक पद्धतीने न लागता वर्णपटीय विश्लेषणातून लाग-ला. काही वर्षानंतर, रुबिडिअम, थॅलिअम, इंडिअम, गॅलिअम आणि सॅमॅ-रिअमचा शोध सुद्धा वर्णपटदर्शकाच्या साहाय्याने लागला. पण, वर्णपटीय विश्लेषण पद्धतीने शोधलेले पहिले मूलद्रव्य म्हणून सिशिअमचे नाव इतिहासात अजरामर झाले.

काही वर्षानंतर, सिशिअममुळेच एका गूढ घटनेवर प्रकाश पडला. एका हरविलेल्या वस्तूमुळे अनेक देशांमधील रसायनज्ञमंडळी गोंधळून गेली होती.

या विषयात शेरलॉक होम्स किंवा इन्स्पेक्टर मेइग्रेटला नक्कीच स्वारस्य निर्माण झाले नसते. १८४६ मध्ये, जर्मन शास्त्रज्ञ प्लॅटनर याने एल्बा बेटांवर सापडलेल्या पॉल्युसाइट नामक खनिजाचा अभ्यास करण्यास सुरुवात केली. या खनिजाचे संपूर्ण रासायनिक विश्लेषण करणे अवघड नव्हते, पण एका घटनेमुळे त्याने कितीही काळजीपूर्वक केली तरी ती फक्त ९३ टक्केच येत होती. उरलेल्या
त्याने कितीही काळजीपूर्वक केली तरी ती फक्त १३ टक्केच येत होती. उरलेल्या
सात टक्क्यांचा हिशेब काय? हा प्रश्न जवळजवळ २० वर्षे अनुत्तरित राहिला. या संदर्भात, सिशिअम पूर्णपणे जबाबदार असल्याचे इटालिअन शास्त्रज्ञ पिसानी याने १८६४ मध्ये निर्विवादपणे सिद्ध केले. परंतु गंमत म्हणजे प्लॅटनरने या न सापडणाऱ्या मूलद्रव्याला पोटॅशिअम मानले होते. पोटॅशिअम आणि सिशिअमचे अनेक रासायनिक गुणधर्म समान आहेत. पण सिशिअम, पोटॅशिअमपेक्षा दुपटीने जड आहे.

सिशिअम हे दुर्मिळ मूलद्रव्य असले तरी त्याच्या खुणा अनेक प्रकारच्या पर्वत-खडकांमध्ये व समुद्राच्या पाण्यात सापडतात. खनिजयुक्त पाण्याशी सिशिअमचा संबंध आपण यापूर्वी पांहिला आहे (अर्थात काही ग्रॅम सिशिअम मिळविण्याकरता बुनसेनला ४० टन खनिजयुक्त पाण्याचे बाष्पीभवन करावे लागले). विशेष म्हणजे, शर्करा-बीट, कॉफी बिया आणि चहाच्या पानांमध्ये सिशिअम अत्यल्प प्रमाणात मिळाले आहे. धूम्रपान करणाऱ्या प्रत्येक व्यक्तीचा सिशिअमशी संबंध येत असतो: तंबाखूच्या राखेच्या वर्णपटात दोन निळ्या रेषा दिसतात.

क्रियाशीलतेबाबत धातूंना जर बक्षिसे द्यावयाची ठरविले तर अगदी तज्ज्ञ रसायनज्ञांचे मंडळ सिशिअमला नक्कीच बक्षीस बहाल करतील. आवर्ती कोष्टकातील मूलद्रव्यांमध्ये सिशिअम "सर्वाधिक धात्विक" तर आहेच (फ्रान्सिअमचा अपवाद वगळता. फ्रान्सिअमचे निसर्गातील प्रमाण



रासायनिकदृष्ट्या अगदी अपवादात्मक-रित्या क्रियाशील आहे. हवेशी संपर्क येताच सिशिअम त्वरित पेट घेते व जळण्यास सुरुवात होते. गंधक, फॉस्फरस, आणि सर्व धातूंचे "विरोधक" असणाऱ्या हॅलोजन मूलद्रव्यांबरोबर सुद्धा सिशिअमची प्रक्रिया फारच उग्र असते व ते त्वरित स्फोट पावते. पाण्याबरोबर सिशिअमचा संबंध येताच "परिस्थिती बिघडते", कारण या अभिक्रियेतून मुक्त झालेला हायड्रोजन स्फोट आणि आगीस कारणीभूत ठरतो, रासाय-निकदृष्ट्या अगदी "शांत" असलेला बर्फ सुद्धा सिशिअमच्या सान्निध्यात

तटस्थ राहूच शकत नाही. सिशिअम बर्फाबरोबर अतिशय प्रखरपणे झुंज देते, एवढेच नाही तर अतिशय गोठलेल्या हिमाचा (–११६° सें. ग्रे.) सुद्धा त्यावर इलाज चालत नाही.

म्हणूनच अत्यंत शुद्ध सिशिअम मिळविणे फारच अवघड असते यात आश्चर्य नाही. १८२२ मध्ये स्विडीश रसायनज्ञ के. सेटरबर्ग याने सर्वप्रथम सिशिअमचे विद्युत-रासायनिक पद्धतीने निष्कर्षण करून ही समस्या सोडविली. सध्या प्रचलित असलेली पद्धत १९११ मध्ये फ्रेंच रसायनज्ञ ए. ॲक्सपिल यांनी सुचविली: ७००° सें. ग्रे. तपमानात निर्वात प्रदेशात कॅलशिअमच्या साहाय्याने सिशिअम क्लोराइडपासून सिशिअम मुक्त करण्याची ही पद्धत होती.

सिशिअम एकदा मिळाल्यावर ते साठवायचे कसे? हा प्रश्न फालतू मुळीच नाही, हे वाचकांच्या लक्षात आले असेलच. पण या प्रश्नाचे उत्तर फारच विरोधाभासी आहे: इतर धातूंबरोबर वितळवून सिशिअम अशुद्ध करण्यात येते. सिशिअमचे मिश्रधातू घातक नसल्यामुळे ते बराच काळ ठेवता येतात. निर्वात प्रदेशात या मिश्रधातूंचे उर्ध्वपातन करून त्यापासून सिशिअमचे पुन्हा निष्कर्षण करण्यात येते.

"ताजे" सिशिअम एक चकचकीत धातू असून त्यावर फिकट सोनेरी झाक असते. ते मेणाप्रमाणे मऊ असून मॅग्नेशिअम किंवा बेरिलिअमप्रमाणे हलके असते. पाऱ्याचा विलय बिंदू सर्वात कमी असून याबाबतीत त्याला कोण-ताही स्पर्धक नाही, हे आपण जाणताच. पण पाऱ्याचा अपवाद वगळता,

इतर सर्व धातूंच्या तुलनेत मात्र सिशिअम वितळविणे सर्वात सोपे आहे ; त्याचा विलय बिंदू फक्त २८.५° सें. ग्रे. आहे. आपल्या तळहाताची उब सिशिअम वितळविण्यास पुरेशी आहे. सिशिअम स्फोटक असल्याचे या आधीच सांगितले असल्यामुळे सिशिअम तळहातावर ठेवण्याचा प्रयत्न तुम्ही अर्थातच करणार नाही.

खूप वजनाखाली किंवा उष्ण भट्टीत अथवा जहाल रसायनांच्या सान्निध्यात असणाऱ्या यंत्रांचे सुटे भाग तयार करण्याच्या दृष्टीने सिशिअम अगदी कुचकामी आहे, हे सांगण्याची गरज नाही. तर मग, "निळया रक्ताच्या" या "लाजाळू" धातूचा केवळ शास्त्रीय कुतूहलाव्यतिरिक्त काहीच उपयोग नाही ? लोह, ॲल्यु-मिनिअम, टिटॅनिअम या धातूंशी सिशिअम बरोबरी करू शकत नाही. पण त्याच्या जवळ असे काही अद्वितीय गुणधर्म आहेत जे इतर कोणत्याही धातूजवळ अजिबात नाहीत. या गुणधर्मांचे विवेचन करण्यापूर्वी जरा गत शतकात डोकावून पाहू.

१८८७ मध्ये ख्यातनाम जर्मन भौतिकतज्ज्ञ हेन्रिक हर्टझ्ने प्रकाश-परिणा-माचा आविष्कार मांडला. या आविष्कारामध्ये प्रकाशाच्या प्रभावाखाली धातूं-मधील इलेक्ट्रॉनचे "बाष्पीभवन" होते. मॉस्को विद्यापीठातील प्राध्यापक ए. जी. स्तोलेतोव यांनी अनेक प्रयोग करून त्या आधारे प्रकाश-परिणामांचे सैद्धांतिक नियम तयार केले. थोडक्यात सांगायचे म्हणजे, वजनविरहित प्रकाश किरणांमध्ये काही धातूंच्या बाह्य कक्षेतील इलेक्ट्रॉन खेचण्याची क्षमता असते. या मुक्त झालेल्या इलेक्ट्रॉनचा अभिवाह विद्युत मंडळातील खंडावर केंद्रित केला तर ते मंडळ पूर्ण करण्याची क्षमता त्यामध्ये असते.

निरनिराळ्या धातूंवर प्रकाशाचा परिणाम भिन्न स्वरूपाचा असतो. म्हणूनच प्रकाशामुळे त्यातील इलेक्ट्रॉनचे उत्सर्जन होते अथवा अजिबात होत नाही. काही धातूंवर अगदी शोध-दीपाचा प्रकाश टाकला तरी त्यातील इलेक्ट्रॉन मुक्त होत नाहीत, तर या उलट, काही धातूंमधील इलेक्ट्रॉन अगदी मंद प्रकाशामुळे सुद्धा उत्सर्जित होतात. याबाबत सिशिअम फारच उदार आहे व त्यास सबळ कारण सुद्धा आहे. सर्व अल्क धातूंच्या (सिशिअम हा तर अगदी खास स्वरूपा-चा अल्क धातू आहे.) बाह्य कक्षेत फक्त एकच इलेक्ट्रॉन असतो. म्हणून हा एकुलता एक इलेक्ट्रॉन प्रकाशाच्या प्रभावाला सहज शरण जातो. सिशिअममध्ये इतर अल्क धातूंच्या तुलनेत हा "भटकणारा" इलेक्ट्रॉन केंद्रकापासून जास्त दूर आहे. म्हणूनच, सिशिअममधील इलेक्ट्रॉन बाहेर खेचण्यास कमी "श्रम" लागतात. याचाच अर्थ असा की, प्रकाश-घटांसाठी सिशिअम हा आदर्श धातू ठरतो. प्रकाश-घटांमध्ये प्रकाशाचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर होत असते. प्रकाश-घटांमध्ये सिशिअमचा ॲंटिमनीबरोबरील मिश्रधातू वापरतात. या मिश्रधातूचा

प्रकाश-संवेदी थर इतका पातळ असतो की १ ग्रॅम थर सुमारे १० चौरस मीटर प्रदेशात पसरलेला असतो.

भुयारी रेल्वे स्थानकांमध्ये प्रकाशघट नेहमी पहावयास मिळतात. सर्व प्रवाशांना जावे लागते त्या चक्राकार जिन्यांमध्ये प्रकाश-घट बसविलेले असतात. अत्यंत साध्या तत्त्वावर त्यांचे कार्य चालते: एका बाजूला प्रकाश-घट व दुसऱ्या बाजूला येणाऱ्या-जाणाऱ्या प्रवाशांवर प्रकाश-उद्गम केंद्रीत केलेला असतो. खाचे मध्ये पाच कोपेकचे नाणे न टाकताच जर तुम्ही प्रकाश किरण पार करून पुढे जाल तर प्रकाश-घटांमुळे तरफा कार्यशील होऊन तुमचा मार्ग रोखला जातो. पण तुम्ही जर "लाच" दिलीत तर मात्र ही यंत्रणा ताबडतोब बंद पडते व प्रकाश-घट तुमच्याकडे "लक्ष" देत नाही.

प्रकाश-घट हे अगदी साधे उपकरण असले तरी अनेक कामांकरता उपयुक्त आहे. दिवस मावळताना शहरांमध्ये दिवे लावण्याचे काम प्रकाश-घट करतो; मशीन चालकाचा हात जर धोक्याच्या भागात गेला तर प्रकाश-घट तांबडतोब यंत्राचे काम बंद पाडतो. एवढेच काय पण सिगारेटचे वर्गीकरण करणे, कारखान्यांमधील वाहकपट्ट्यांवरून जाणाऱ्या यंत्रांचे भाग मोजणे, फिल्मवरील ध्वनी-मार्गाचे आकलन करण्याचे काम सुद्धा करू शकतो. बँका, दुकाने आणि गोदामांमध्ये रात्रपाळीत काम करण्याकरता तो एक उत्कृष्ट चौकीदार आहे.

दृष्य प्रतिमांचे दूरवर प्रक्षेपण करण्यांची कल्पना प्रकाश-घटांशिवाय मूर्त स्वरूपात येऊच शकत नाही. जेव्हा तुम्हाला दूरचित्रवाणीवर हॉकीचा सामना, संगीत जलसा किंवा काही थरारक दृश्ये पहावयास मिळतात तेव्हा तुम्ही सिशिअमचे आभार मानले पाहिजेत, सिशिअमशिवाय तुमच्या दूरचित्रवाणी संचाला मोकळ्या पेटीइतकेच महत्त्व राहणार.

चंद्राच्या पलीकडील बाजूचे छायाचित्र घेणे प्रकाश-घटांमुळेच शक्य झाले.

"प्रकाश-प्रिय" इलेक्ट्रॉन शिवाय चित्रे, आराखडे, छायाचित्रे, अक्षरे इत्यादींचे दूरलेखी-प्रक्षेपण शक्यच नाही.

इंट्रोस्कोप हे उपकरण सुद्धा सिशिअमच्या प्रकाश-विद्युतीय गुणधर्मांवर आधारित आहे. या उपकरणामळे अपारदर्शक वस्तूच्या आतील भागात "पाहता" येते व त्यामधील दोष शोधून काढणे शक्य होते. अवरक्त किरणांबाबत सिशिअम संवेदनशील असल्यामुळे रात्री "पाहू" शकणाऱ्या उपकरणांमध्ये त्याचा समावेश होतो. हे उपकरण वाहन-चालक आणि दूरदर्शकातील देखाव्याकरता चांगलेच उपयुक्त आहे.

प्रकाश-विद्युतीय परिणामांशी मिळता-जुळता परिणाम उष्णतेमुळे सुद्धा सिशिअमवर होतो. म्हणूनच इतर रासायनिक मूलद्रव्यांपेक्षा आयनित वायू अथवा प्लाझ्मामध्ये सिशिअमचे फार लवकर रूपांतर होते. सिशिअम प्लाझ्मा सैद्धांतिक व व्यावहारिक दृष्टचा फार महत्त्वाचा आहे. उदाहरणार्थ, बाह्य अवकाशात जेथे हवेची विरळता फारच अधिक असते त्या ठिकाणी सिशिअम अणूंमधून उत्सर्जित झालेला इलेक्ट्रॉन अभिवाह इतका शक्तिशाली असतो की, त्यामुळे अग्नीबाणाला प्रचंड गती मिळवून देणारा प्रवाह-दाब तयार होऊ शकतो (पाश्चात्य तज्ज्ञांनुसार हा वेग सेकंदाला ४४ कि. मी. इतका असू शकतो!). सिशिअम इंधनावर चालणारे अग्निबाण विश्वातील अति दूर भागात पोचतील. तो दिवस फार दूर नाही.

सध्यातरी पृथ्वीवरच सिशिअम प्लाझ्माला भरपूर काम आहे. चुंबकीय-द्रवगतिकी जनित्रांमध्ये सिशिअम प्लाझ्मामुळे उष्णतेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर होते. या जनित्रांचे अनेक फायदे असून त्यातील सर्वांत महत्त्वाचा फायदा म्हणजे त्यांची रचना अगदी साधी आहे. या जनित्रांमध्ये फिरणारा भाग एकच असून पर्णीची भूमिका तो बजावतो. तापायनिक-ऊर्जा परिवर्तकात सुद्धा सिशिअम अत्यावश्यक आहे. हे परिवर्तक अणूभट्टीतील उष्णतेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर करतात. या प्रकारचा पहिला प्रकल्प-टोपाझ सोविएत संघामध्ये कार्यरत आहे.

सिशिअमवर अत्यंत सखोल शास्त्रीय संशोधन सुरू आहे. काही वर्षांपूर्वी पश्चिम जर्मनीतील बाएलफिल्ड विद्यापीठातील भौतिकतज्ज्ञांनी एक मजेशीर प्रयोग केला. हा प्रयोग एक दशांश सेकंदात संपला पण त्याची तयारी करण्यास मात्र दोन वर्षे लागली. तो प्रयोग कोणता होता? एका खास यंत्रणेमध्ये सिशिअमचा अणू ठेवून त्यावर शक्तिशाली लेसर किरणांचा मारा करण्यात आला. परिणामी, अणू इतका उत्तेजित झाला की त्यातील इलेक्ट्रॉन कवचे ताणली जाऊन त्यांच्या आकारात हजारो पटींनी वाढ झाली.

ओकरिज (अमेरिकेमधील एक सर्वांत मोठे अणू-विद्युत केंद्र) येथील भौतिकतज्ज्ञांच्या समूहाने काही मूलद्रव्यांचे एक-एक अणू मोजण्याकरिता एक पद्धत विकसित केली. लेसर आवेगांच्या साहाय्याने अणूंचे उत्तेजन करण्याच्या तत्त्वावरच ही पद्धत सुद्धा आधारित आहे.

इंडियन इन्स्टिटयूट ऑफ जिऑफिजिकल रिसर्च या संस्थेतील शास्त्रज्ञांनी हिमालयातील गरम पाण्याच्या साठ झऱ्यांमधील पाण्याचा अभ्यास केला. या पाण्यात सिशिअमचे प्रमाण खूपच असून ज्वालामुखी सदृश क्रियाशीलतेची ती खूण आहे. सैबेरियातील तुंगुत्सा स्फोटातून वाचलेल्या झाडांमध्ये सिशिअम-१३७ समस्थानिकाचे प्रमाण खूप आढळले. आणि मजा म्हणजे हा उद्रेक घडून आला तेव्हा १९०८ मध्ये उगवलेल्या झाडांच्या खोडांमध्येच हे प्रमाण अधिक आढळले.

सिशिअमशी संबंधित आणखी एक घटना आहे. १९६७ मध्ये वजन व मापांवरील आंतरराष्ट्रीय सभेने ठरविले की "सिशिअम-१३३ समस्थानिकाच्या मूळ अवस्थेतील दोन अतिसूक्ष्म पातळींमधील संक्रमणांशी संबंधित प्रारणाची ९१९२६३१७७० आवर्तने म्हणजे एक सेकंद होय." सेकंदाची ही व्याख्या फारच सोपी आहे! तुम्हाला एक सेकंद मोजावयाचा आहे? सिशिअमच्या अणूतील इलेक्ट्रॉन एका कक्षेतून दुसऱ्या कक्षेत काही ठराविक वेळा उडी मारेपर्यंत वाट पहा. मानवाला हे काम कठीण वाटत असले तरी अणू घड्याळे याच काल-एककावर पूर्ण कार्यक्षमतेने कार्य करीत आहेत. त्यांची अचूकता इतकी आहे की, ही घड्याळे ३००० वर्षांत फक्त एक सेकंद पुढे अथवा मागे जातात. सिशिअम अणूचे महत्त्वाचे गुणधर्म कायम रहात असल्यामुळेच एवढी अचूकता शक्य आहे.

जागेच्या आभावामुळे सिशिअमबद्दल अव्याहतपणे सांगता येणार नाही. सिशिअमचे उत्प्रेरकांसंबंधी गुणधर्म, इलेक्ट्रॉन नलिकांत निर्वात प्रदेश निर्माण करण्याची क्षमता, त्याच्या समस्थानिकांचे औषधीं उपयोग, दोष-निर्देशक व मापन साधनांमधील उपयोग, कोणत्याही प्रकारच्या प्रारणामुळे निळसर किंवा हिरवट प्रकाशात पेट घेणारे प्रस्फुरण स्फटिक तयार करण्यात सिशिअमचा सहभाग इत्यादी बरेच काही सांगता येईल. सिशिअमचे उपयोग पुष्कळ आहेत, पण महत्त्वाची गोष्ट म्हणजे त्याचा भविष्यकाळ खरोखरच अफाट आहे...

Ba

बोलोग्नाच्या चांभाराचे सुदैव

(बेरिअम)

बोलोग्नातील रत्न – जड की हलके – कार्बनच्या मुशीतील प्रयोग – तापट स्वभाव – बेकायदेशीर कृत्य – दुष्कृत्य उजेडात आणलेच पाहिजे – बँकनोट आणि कर्जरोख्यांमध्ये – हलकी न्याहरी – रहस्यमय किरण – माशांच्या कल्ल्यांऐवजी – आतषबाजीतील हिरवा रंग – स्फिन्क्सला इंजेक्शन देणे – अतुलनीय – बरोबर कोण ? – ज्योतीमधील क्षार – रिकाम्या जागा उपलब्ध आहेत ? – रंग बदलणारे स्फटिक – चुकांपासून धडा – अत्यंत अचूकतेने – चुंबकीय क्षेत्रात – औषधतज्ज्ञाचा शोध – अद्धितीय क्षमता – मार्गात काय आहे ? – कोलंबियाचे आकाश

मध्ययुगीन काळात, किमयाशास्त्र जेव्हा ऐन भरात होते तेव्हापासून बेरिअमच्या इतिहासाला सुरुवात होते. १६०२ मध्ये बोलोग्ना येथील चांभार आणि किमयागार कॅरिकऑरोलसला त्या प्रदेशातील पर्वतात एक दगड सापडला. तो दगड इतका जड होता की त्यामध्ये सोने असणारच असा विचार जर मनात अजिबात आला नाही तर ते खरोखरच हास्यस्पद ठरेल. चांभाराच्या मनात अर्थातच हा विचार आला व त्या दगडापासून त्वरित सोने मिळणार असल्यामुळे त्याने आपल्या दुकानात तो दगड आणला.

प्रथम त्याने कोळसा आणि शुल्कन तेलाबरोबर दगड भाजण्याचे ठरविले. या प्रयोगातून त्याला सोने जरी गवसले नसले तरी हा प्रयोग उपयोगी ठरला – थंड केल्यावर दगड लालसर रंगात चमकू लागला.

मनमिळावू वृत्ती असल्यामुळे कॅरिकऑरोलसने दगडाचे गुपित त्याच्या सहकाऱ्यांपासून आणि किमयागारांपासून मुळीच लपवून ठेवले नाही. सोने-इच्छुक लोकांमध्ये एकच खळबळ उडाली. चांभाराच्या या खनिजाला "सूर्य-पाषाण", "बोलोग्ना पाषाण" किंवा "बोलोग्ना रत्न" अशी विविध बिरूदे मिळाली. अनेक अभिक्रिया आणि प्रयोगांमध्ये त्या दगडाचा हमखास समावेश होऊ लागला. पण त्यापासून सोने न मिळाल्याने दगडामधील स्वारस्य हळूहळू संपुष्टात आले.

त्यानंतर १५० वर्षांनी १७७४ मध्ये प्रख्यात स्वीडीश रसायनज्ञ शील आणि हान यांनी "बोलोग्ना पाषाणा"चा काळजीपूर्वक अभ्यास केला. या दगडामध्ये एक वैशिष्ट्यपूर्ण "जड मृत्तिका" होती. या मृत्तिकेला प्रथम बॅरॉट,

नंतर बराइट (ग्रीकमधील 'बॅरस' या शब्दाचा अर्थ 'जड' असा होतो) अशी नावे मिळाली व "जड मृत्तिका" ज्या धातूपासून तयार झाली होती त्याला बेरिअम हे नाव मिळाले.

१८०८ मध्ये ब्रिटनच्या सर डेव्ही यांनी विद्युत-अपघटन पद्धतीने बराइट-पासून धात्विक बेरिअम अलग केले. हा धातू हलका असल्यामुळे (घनता – ३.७ ग्रॅम/सें. मीं.^{3}) ब्रिटिश रसायनज्ञ क्लर्क याने बेरिअमऐवजी प्लुटोनिअम हे नाव देण्याचे सुचविले. दंतकथेमधील हेड जमातीच्या लोकांचे प्लुटो हे दैवत होते. ही सूचना मान्य झाली नाही व हलक्या धातूला "जड" म्हणूनच संबोधिले गेले. आधुनिक तंत्रशास्त्रीय वर्गीकरणात मात्र बेरिअमला खरोखरच हलक्या धातूंमधील जड धातू मानण्यात येते.

हा मृदू, सफेद धातू सध्या त्याच्या ऑक्साइड संयुगांचे ॲल्युमिनोथर्मिक क्षपण करून मिळविण्यात येतो. रशियन भौतिक-रसायनज्ञ निकोलाय बेकेतोव्ह यांनी ही पद्धत सर्वप्रथम विकसित केली. या पद्धतीचे ते जनक ठरले. त्यांनी केलेल्या प्रयोगाचे वर्णन पुढीलप्रमाणे: "मी थोडेसे निर्जल बेरिअम ऑक्साइड घेतले. त्यात बेरिअम क्लोराइड विलय-घटक म्हणून मिसळले. त्यानंतर त्यात ॲल्युमिना मिसळून कार्बनच्या मुशीत हे मिश्रण कित्येक तास भाजले. मूस थंड केल्यावर ॲल्युमिनापेक्षा अगदी वेगळा दिसणारा व वेगळे भौतिक गुणधर्म असलेला मिश्रधातू तयार झाल्याचे आढळून आले. या मिश्रधातूची संरचना अतिसूक्ष्म स्फटिक-स्वरूपाची होती. तो अतिशय ठिसूळ होता. हा मिश्रधातू कापला असता त्याचा पृष्ठभाग पिवळट रंगाचा व किंचित चकचकीत दिसतो. परिमाणात्मक विश्लेषण केले असता मिश्रधातूच्या प्रत्येक १०० भागांमध्ये ३३.३ भाग बेरिअम आणि ६६.७ भाग ॲल्युमिना असल्याचे निष्पन्न झाले,

म्हणजेच दोन भाग ॲल्युमिना व एक भाग बेरिअम त्यामध्ये होते ... "

आज ही प्रक्रिया निर्वात प्रदेशात ११००° सें. ग्रे. ते १२००° सें. ग्रे. तपमानावर घडून येते. प्रथम ॲल्युमिनिअमच्या साहाय्याने बेरिअम ऑक्साइडचे क्षपण करण्यात येते. नंतर बेरिअमचे उर्ध्वपातन व घनीभवन करून शुद्ध बेरिअम मिळविण्यात येते.

रासायनिकदृष्ट्या बेरिअम खूपच क्रियाशील आहे. तापविले असता, अथवा त्यावर आघात केला असता ते चटकन पेट घेते. बेरिअम ऑक्सिजनबरोबर त्वरित संयोग पावते (उघडे ठेवताच त्याच्या चकचकीत पृष्ठभागावर ऑक्साइडचा पापुद्रा तयार होतो); हायड्रोजन, नायट्रोजन व पाण्याबरोबर सुद्धा त्याची झटपट क्रिया होत असल्याने इतर "तापट स्वभावा"च्या धातूंप्रमाणेच ते केरोसिनमध्ये ठेवण्यात येते. म्हणूनच, उच्च निर्वात तंत्रज्ञानामध्ये वायूंचे शोषण अथवा "वायू-शोषक" हे बेरिअमचे "प्रमुख कार्य" आहे. तांबे व शिशाच्या धातू विज्ञानात बेरिअमचा उपयोग निःऑक्सिडीकारक व गंधक आणि वायूंचे निराकरण करणारा पदार्थ म्हणून होतो. धारावे आणि मुद्रण-ठशांच्या धातूमध्ये बेरिअम मिसळतात. या धातूंमध्ये शिसे प्रमुख घटक असून त्यामध्ये थोडेसे बेरिअम मिसळले तरी त्याची ताकत वाढते. इंजिनांमधील स्पार्क प्लग व रेडिओ-इलेक्ट्रॉन नलिकांमधील विद्युत-अग्र बेरिअम आणि निकेलच्या मिश्रधातूंपासून तयार करतात.

बेरिअम-संयुगांचे आणखी बरेच उपयोग आहेत. बेरिअम सल्फेट, अथवा जड स्पार रंग-निर्मितीमध्ये बराच काळ आहेत. पूर्वी खरे तर बेरिअम सल्फेट रंग उद्योगात वापरणे बेकायदेशीर होते: चूर्ण केलेले स्पार सफेद शिशाबरोबर मिसळले असता सफेद शिशाची गुणवत्ता कमी होत असली तरी त्याचबरोबर किंमत सुद्धा खूप कमी होते. तरी पण, रंगांच्या कारखान्यांच्या मालकांनी त्यांचे बनावट माल निर्लज्जपणे एकाच किंमतीला विकून भरपूर नफा कमविला.

१८५१ मध्ये रशियन उत्पादक आणि गृह वाणिज्य संस्थेकडे यारोस्लाव्ल (वोल्गा नदीवरील एक बंदर — सं.) येथील रंग उत्पादकांच्या बेकायदेशीर व्यवहाराबद्दल तक्रारी आल्या: हे उत्पादक सफेद शिशामध्ये जड स्पार मिसळून "मालाच्या गुणवत्तेबाबत गिऱ्हाईकांची फसवणूक करतात. सफेद शिशाच्या उत्पादनात स्पार वापरण्यावर मनाई करण्यात यावी" अशी विनंती सुद्धा करण्यात आली. याच प्रकारची तक्रार अर्थमंत्र्यांकडे करण्यात आली होती: "आम्हाला कळले की या मंत्री महोदयांनी यारोस्लाव्लच्या अधिकाऱ्यांना चौकशी करण्याचा आदेश दिला होता." हे प्रकरण ॠसोवस्की या पोलिसप्रमुखाकडे सोपविण्यात आले होते, ही व्यक्ती उत्पादकांना पाठीशी घालणारी असल्यामुळे त्याच्या कार्यालयात उत्पादकांनी खेद व्यक्त करण्याचे ढोंग केले व त्यानंतर अधिक उद्धटपणे बनावट माल तयार करण्यास सुरुवात केली. तक्रारीमध्ये असेही

सुचविले होते की, "हे दुष्कृत्य निझनी नोवगोरोद (सध्याचे गोर्की – सं.) येथील मेळाव्यात उघडकीस आणावे" या ठिकाणाहून सर्व दिशांकडे माल पोचविला जात असे. हे कृत्य उजेडात आणणे अगदी सोपे आहे "पांढऱ्या रंगाचे उत्पादन करणाऱ्या उत्पादकांना, त्यांना एवढ्या मोठ्या प्रमाणात जड स्पारची गरज का भासते, त्याचा वापर कशासाठी होतो आणि सफेद शिशामध्ये ते वापरत असतील तर त्यातून काय निष्पन्न होते एवढे विचारले तरी पुरेसे आहे."

त्या सर्व विनंतीपत्रांकडे कोणीच लक्ष दिले नाही. यात भर म्हणजे, १८८२ मध्ये यारोस्लाव्लमध्येच स्पार तयार करणारा कारखाना उघडला गेला व १८८५ या वर्षात कारखान्यातून ५०००० पुड (८०० टन – सं.) स्पार बाहेर पडले. १८९० च्या सुमारास मेंदेलेयेवने लिहिले: "...अनेक कारखान्यात सफेत शिशामध्ये बराईट मिसळण्यात येते, कारण आयात केलेल्या रंगात सुद्धा ते असते. बराइटमुळे रंगाची किंमत कमी होते."

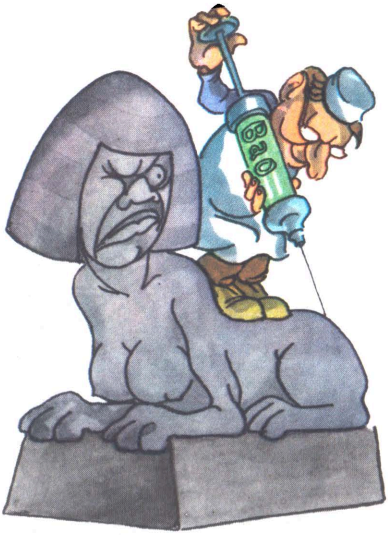
हळूहळू रंग-उद्योगात बेरिअम सल्फेटचा वापर करण्यास कायदेशीर मान्यता मिळाली: लिथोपोन नामक पांढऱ्या रंगात त्याचा वापर होऊ लागला. पृष्ठभागावर चिकटून राहण्याची या रंगात उत्कृष्ट क्षमता असल्यामुळे हा रंग गिऱ्हाईकांना फार आवडत असे. उच्च प्रतीचा कागद (चलनी नोटा, कर्जरोखे आणि महत्त्वाच्या कागदपत्रांकरता) तयार करताना वजन वाढविण्यासाठी आणि भर म्हणून ते वापरण्यात येते. या क्षाराचे पाण्यामधील निलंबन तेल वायूच्या खोल विहिरी खोदताना उत्सर्जन-तरल म्हणून वापरण्यात येते. मानवी शरीरातील जीवांपेक्षा बेरिअम सल्फेट क्ष-किरणांना अधिक अ-पारदर्शक आहे. जठरांत्रीय रोगांचे निदान करण्याकरता या गुणधर्माचा उपयोग होतो. रोग्याला "बेरिअम-युक्त जेवण" (शिजविलेल्या सॅमोलिनात किंवा पाण्यात बेरिअम सल्फेट मिसळले जाते.) देण्यात येते. नंतर पोटाची क्ष-किरण तपासणी करण्यात येते. अपारदर्शक बेरिअम सल्फेट पोटात असल्यामुळे पोट आणि आतड्यांची अगदी स्पष्ट प्रतिमा मिळते व त्यावरून रोगाचे निदान करणे शक्य होते. क्ष-किरण आणि गॅमा-किरण शोषण्याच्या क्षमतेमुळे क्ष-किरण उपकरणे आणि अणूभट्ट्यांमध्ये संरक्षक पदार्थ म्हणून बेरिअम सल्फेट वापरतात.

क्ष-किरणांचा शोध बेरिअम प्लॅटिनोसायनाइड या बेरिअम क्षाराशी निगडीत आहे. १८९५ मध्ये प्रतिभावंत जर्मन शास्त्रज्ञ कॉनरॅड रॉंटजेनला दिसून आले की आजपर्यंत ठाऊक नसलेल्या गूढ किरणांच्या प्रभावामुळे अंधारात हे क्षार हिरव्या रंगात प्रकाशते. या किरणांचे रहस्यमय स्वरूप सूचित व्हावे म्हणून रॉंटजेनने या किरणांना क्ष-किरण असे नाव दिले. परंतु थोड्याच दिवसात रॉंटजेनच्या सन्मानार्थ या किरणांना रॉंटजेन किरण असे संबोधण्यात येऊ लागले.

मोत्यांची चमक आपणा सर्वांना माहीत आहेच. मोतिया रंगाच्या वस्तू कृत्रिमपणे तयार करण्याचे प्रयत्न अगदी प्राचीन काळापासून सुरू आहेत यात मुळीच आश्चर्य नाही. पूर्वी मांशाचे कल्ले उकळवून त्यापासून तयार झालेले पेय वापरून हे साध्य करण्यात येत असे. आज सुद्धा काही ठिकाणी ही पद्धत (खूप सुधारणा करून) मोतिया रंगाचे रंगद्रव्य तयार करण्यासाठी वापरली जाते. रसायनशास्त्राच्या आजच्या प्रगत काळात माशांच्या कल्ल्यांवर विसंबून राहणे मुर्खपणाचे ठरेल. माशांच्या कल्ल्यांची जागा आता बेरिअम थायोसल्फेटने घेतली आहे, रंगहीन वॉर्निशबरोबर या पदार्थाचे स्फटिक मिसळले असता सुंदर मोतिया रंग मिळतो. हेच स्फटिक जिलेटीन अथवा डिंकामध्ये मिसळले असता मुक्ताद्रव्याची हुबेहुब नक्कल मिळते.

काच-उत्पादक तर बेरिअम कार्बोनेटशी चांगलेच परिचित आहेत. काच तयार करताना बेरिअम कार्बोनेट मिसळल्यास काचेचा वक्रीभवनांक वाढतो. या कामाकरता कधीकधी बेरिअम नायट्रेट सुद्धा वापरतात. पण बेरिअम नायट्रेटचे "आवडते काम" शोभेच्या दारूकामात आहे. या क्षाराचा, त्याचप्रमाणे, बेरिअम क्लोरेटचा तेजस्वी हिरवा रंग सर्व प्रकारच्या दारूकामात अत्यावश्यक ठरतो. बेरिअम क्लोरेट हे एक उत्कृष्ट तृण-नाशक असून शेतकऱ्यांचा सच्चा मित्र आहे.

इजिप्तमधील पिरॅमिडचे रक्षण स्फिन्स्क गेली पाच हजार वर्षे करत आहे. केफ्रेन राजाच्या आज्ञेवरून जमिनीतून वर आलेल्या चुन्याच्या खडकामधून खोदलेल्या स्फिन्स्कचे शरीर सिंहाचे असून त्याचे डोके मानवी आहे. केफ्रेनचीच ती प्रतिमा असल्याचे मानले जाते. या फेअरोचा (इजिप्तच्या राजाची उपाधी) चेहरा पूर्वी सौंदर्याने चमकत होता. पण आजमात्र त्याच्या प्रचंड शरीरातील आकर्षकता कमी झाल्याचे जाणवते: वाळूची वादळे, पाऊस आणि तपमानातील चढ-उतार यामुळे त्याचे नाक जवळजवळ पूर्णपणे नाहीसे झाले आहे. त्याच्या डाव्या डोळयात जाणवेल इतका तिरळेपणा आला आहे व चेहऱ्यावर सुरकुत्यांचे जाळे पसरले आहे. स्फिन्स्कची मान फार नाजुक झाली असून तिचे "वजन सतत कमी" होत आहे. तसेच ती बारीक सुद्धा झालेली



दिसते . कैरोमधील एका वृत्तपत्राने छापल "स्फिन्स्क आजारी असून तातडीने उपाय-योजना केली नाही तर त्याची मान मोडण्याची शक्यता आहे" काही वर्षांपूर्वी स्फिन्स्कवर "इलाज" करण्यात आला : त्याला बेरिअम क्षारांची इंजेक्शने देण्यात आली . त्यामुळे त्याचे डळमळीत झालेले भाग ताकदवान होण्यासाठी थोडाफार, पण तात्पुरता उपयोग झाला . पण चार वर्षानंतर मोठ्या प्रमाणातील डागडुजीसाठी हा स्फिन्स्क "बंद" ठेवावा लागला .

बेरिअम ऑक्साइडचा "सेवाकाल" बराच मोठा आहे . गतशतका-अखेरीपर्यंत ऑक्सिजन तयार करण्यासाठी त्याचा उपयोग होत असे . सुमारे ५००° ते ६००° सें . ग्रे . तपमानापर्यंत बेरिअम ऑक्साइड तापविले असता ते हवेतील ऑक्सिजन शोषून घेते . त्याचे बेरिअम पेरॉक्साइडमध्ये रूपांतर होते . तपमान ७००° सें . ग्रे . पर्यंत वाढविल्यास त्यामधून ऑक्सिजनचे उत्सर्जन होऊन त्याचे पुन्हा ऑक्साइडमध्ये रूपांतर होते . द्रवरूप हवेतून ऑक्सिजन मिळविण्याची पद्धत विकसित होण्यापूर्वी वरील पद्धतीनेच ऑक्सिजन मिळविला जात असे .

बेरिअम ऑक्साइडच्या इतिहासातील आणखी एक अध्याय १९०३ मध्ये जर्मन भौतिकतज्ज्ञ वेहनेल्ट यांनी लिहिला . तो अगदी योगायोगच म्हणायचा . ब्रिटिश भौतिकतज्ज्ञ रिचर्डसन याने तप्त पदार्थांमधून इलेक्ट्रॉनचे उत्सर्जन होण्यासंबंधी एक नियम नुकताच शोधला होता . प्लॅटिनम तारेचा वापर करून हा नियम सिद्ध करण्याचे वेहनेल्टला सांगण्यात आले . पहिल्या प्रयोगातच नियम सिद्ध झाला . दुसऱ्या दिवशी पुन्हा दुसरी तार घेऊन हा प्रयोग करण्याचे त्याने ठरविले . आश्चर्य म्हणजे नवीन तारेत इलेक्ट्रॉनचा अभिवाह इतका अधिक होता, की अभिवाह मोजणारे उपकरणच खराब झाले . धातूचे गुणधर्म एवढ्या नाट्यमय रीतीने एकाएकी बदलणे शक्यच नव्हते . प्लॅटिनमवर अधिक उत्सर्जन-क्षमता असणारा दुसरा कोणता तरी पदार्थ असलाच पाहिजे . कोणत्या पदार्थामुळे हे "इलेक्ट्रॉन-वादळ" घडून आले ?

वेहनेल्टने एकानंतर एक असे अनेक पदार्थ प्लॅटिनम तारेवर ठेवून बघितले . पण इलेक्ट्रॉन अभिवाहावर काहीच परिणाम दिसून आला नाही . हा नाद सोडून देण्याच्या विचारात असतानाच त्याच्या लक्षात आले की, प्रयोग करताना जो

पंप वापरला होता त्यातील वंगण प्रयोगात "भाग" घेत आहे. वंगणामधील बेरिअम ऑक्साइड प्लॅटिनम तारेवर जमा होत असण्याची दाट शक्यता आहे. त्याने यंत्रे पुन्हा सुरू केली व काही क्षणातच तो हर्षभरित झाला – जो तापविल्यावर सर्वाधिक इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करतो असा पदार्थ त्याने शोधला होता.

शास्त्रीय वर्तुळात वेह्नेल्टच्या निष्कर्षांना त्वरित मान्यता मिळाली नाही. वेह्नेल्टने त्याच्या प्रयोगांचे निष्कर्ष प्रसिद्ध करताच अनेक भौतिकतज्ज्ञांनी स्वत: प्रयोग करून वेह्नेल्टचे निष्कर्ष तपासण्यास सुरुवात केली. बेरिअम ऑक्साइडच्या इलेक्ट्रॉन-उत्सर्जन क्षमतेबाबत वेह्नेल्टने फारच अतिशयोक्ती केल्याचे त्यांनी हळूहळू सांगितले. स्वत: वेह्नेल्ट सुद्धा त्याच्या शोधाबद्दल निश्चित काही सांगू शकला नाही व भ्रमनिरास होऊन त्याने सर्व प्रयोग थांबविले.

त्यानंतर सुमारे २५ वर्षांनी इंग्रज भौतिकतज्ज्ञ कॉलर यास बेरिअम ऑक्साइडमध्ये स्वारस्य निर्माण झाले. त्याने अतिशय तंत्रशुद्ध प्रयोग केले. त्याच्या प्रयोगातून असे निष्पन्न झाले की, निर्वात प्रदेशात कमी दाबाखालील ऑक्सिजनमध्ये बेरिअम ऑक्साइड तापविले तर त्यामधून इलेक्ट्रॉन उत्सर्जन फार मोठ्या प्रमाणात होते. उष्णता देणे सुरू असताना ऑक्सिजनचा दाब वाढविला तर उत्सर्जन कमी होते. त्यांच्या निष्कर्षांमुळे वेह्नेल्टची शास्त्रीय जगातील प्रतिष्ठा राखली गेली, तर दुसरीकडे वेल्टनेल्टच्या विरोधकांशी त्याचे निष्कर्ष सुद्धा तंतोतंत जुळले. या प्रयोगात बेरिअम ऑक्साइडची रासायनिक संरचना अथवा स्फटिकस्वरूप अजिबात बदलत नसल्यामुळे एक नवीन रहस्यच निर्माण झाले: रासायनिकदृष्ट्या बदल न होता एकाच पदार्थाची अशी भिन्न वर्तणूक का?

दरम्यान जर्मन भौतिकतज्ज्ञ पॉल याने सुद्धा इतर अनेक साध्या पदार्थांच्या वर्तणूकीतील विक्षिप्तपणा दाखवून या गोंधळात भरच घातली. सुरुवातीला त्याने खाण्याचे मीठ (सोडिअम क्लोराइड) ज्वालकाच्या ज्योतीमध्ये टाकले. सोडिअमचे बाष्पीभवन होताच स्फटिकांना जांभळा रंग प्राप्त झाला. पोटॅशिअम क्लोराइडबाबत नेमके हेच घडले: पोटॅशिअमच्या वाफेत पदार्थाला गडद निळा रंग मिळाला. पण बेरिअम ऑक्साइडबरोबर प्रयोग करताना कोणताच बदल घडून आल्याचे दिसले नाही.

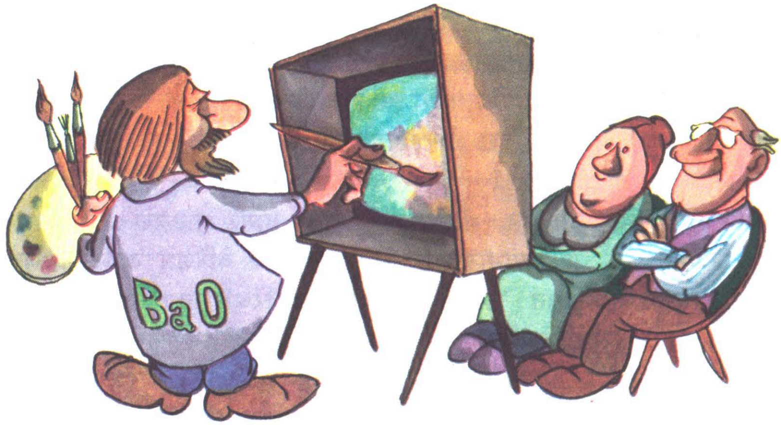
पण हे खरे होते? काहीतरी बदल नक्कीच घडून आला असणार. या रहस्यमय घटनेचे स्पष्टीकरण स्वत: पॉलनेच १९३५ मध्ये दिले. त्याने एक सिद्धांत मांडला: स्फटिकी पदार्थांमध्ये निरनिराळ्या अणूंमधील संबंध वैशिष्ट्यपूर्ण ठरत नाहीत तर त्यांच्या जालकांच्या स्थानांमधील संबंध महत्त्वाचे असतात. सोडिअम क्लोराइडमध्ये काही जागा सोडिअमच्या घन आयॉनमध्ये असतात, तर काही जागा क्लोरिनच्या ऋण आयॉनमध्ये असतात. या दोन जागा मिळून जणू काही "दोन खोल्यांचे अपार्टमेंट" तयार होते, ज्यामध्ये एकही "भाडेकरू" नाही. जर एखाद्या पदार्थातील स्फटिक जालकांमधील मिळतेजुळते संबंध दोन

आयॉनमध्ये नसतील (अशा प्रकारच्या स्फटिकांना नंतर रससमीकरणमितीय स्फटिक असे नाव मिळाले), तर त्या पदार्थांचे गुणधर्म बदलतात.

पॉलने असे गृहीत धरले की, सोडिअम क्लोराइड तापविले असता सोडिअमच्या वाफेतील अणू सोडिअम क्लोराइडच्या स्फटिकांवर येत असावेत. ह्या क्रियेमध्ये प्रत्येक अणू एक-एक इलेक्ट्रॉन उत्सर्जित करतो, त्याचे धन आयॉनमध्ये रूपांतर होते व त्याकरता एक "खोली" (जालकातील स्थान) तयार करतो. त्याला लगेचच क्लोरिनचा ऋण आयॉन येऊन मिळतो. हा आयॉन स्फटिकामधील त्याची पूर्वीची जागा सोडून नवीन "दोन खोल्यांच्या अपार्टमेंट"मधील भावी "शेजारी" होतो. क्लोरिन ऋणाग्राने रिकाम्या केलेल्या जागेत सर्वप्रथम सोडिअमच्या अणूंमधून मुक्त झालेला इलेक्ट्रॉन येतो. पण "चार भिंतीआड" जास्त वेळ राहणे इलेक्ट्रॉनच्या स्वभावातच नसते. "बंदिवासातून" मुक्त होण्याकरता पिवळ्या प्रकाशपुंजाच्या ऊर्जेइतकी ऊर्जा इलेक्ट्रॉनला मिळाली पाहिजे. खाण्याच्या मीठाच्या रससमीकरणमितीय स्फटिकात सोडिअम असतेच. हे सोडिअम पिवळा रंग शोषून घेते व वर्णपटीय नियमांनुसार त्याला जांभळा रंग प्राप्त होतो. रंगात बदल घडून येण्याकरता सोडिअमचे किती अणू जास्त हवेत (सुमारे एक हजारांश टक्के) हे काळजीपूर्वक मोजमाप करून सांगता येते.

पुन्हा बेरिअम ऑक्साइडकडे वळू. १९३५ मध्ये स्प्रॉल या अमेरिकन शास्त्रज्ञाने बेरिअम ऑक्साइडचे रंगहीन स्फटिक द्रवरूप बेरिअममध्ये तापविले असता त्यांचा रंग लाल झाला. खाण्याच्या मीठाबाबत जे बदल घडून येतात तसेच बदल येथेही घडतात. फरक एवढाच की, मीठामध्ये एक-संयुजी क्लोरिनची जागा एका इलेक्ट्रॉनने भरून काढली तर बेरिअम ऑक्साइडमध्ये द्वि-संयुजी ऑक्सिजनची जागा दोन इलेक्ट्रॉनने भरली. अशा प्रकारे भरमसाठ प्रमाणात होणाऱ्या इलेक्ट्रॉन-उत्सर्जनाचे स्पष्टीकरण देण्यात आले. थोडक्यात म्हणजे ऑक्सिजनमधील पोकळी हेच इलेक्ट्रॉन उत्सर्जनाचे नैसर्गिक उगमस्थान होय. साधेपणा हेच या सिद्धांताचे वैशिष्ट्य होय. स्फटिकांमधील जास्त बेरिअमवर इलेक्ट्रॉन अवलंबून आहे एवढेच फक्त आता सिद्ध करावयाचे बाकी होते. पण अजून एक अडथळा निर्माण झाला. "बेल टेलिफोन फर्म"च्या प्रयोगशाळेत केलेल्या प्रयोगांनी मात्र स्प्रॉलच्या सिद्धांताविरुद्ध मत दिले.

हे रहस्य उलगडण्यासाठी मात्र त्यानंतर १५वर्षे परिश्रम करावे लागले. या शतकाच्या सहाव्या दशकाच्या अखेरीस सोविएत रसायनज्ञांनी सांगितले की, बेल टेलिफोन फर्ममधील प्रयोगकर्त्यांनी दोषपूर्ण पद्धत वापरली. धातूवर बरिअम ऑक्साइडचा जो पातळ थर दिला होता, तो थर अचूक रासायनिक विश्लेषण करण्याच्या दृष्टीने पुरेसा नव्हता. शिवाय, धातू तापविताना मूळ धातूमधील अशुद्ध द्रव्ये थरामध्ये मिसळून थर दूषित झाला असण्याची शक्यता



आहे व यामुळे सहाजिकच संपूर्ण चित्र खराब होणार. या दोन्ही चुकांपासून शिकण्यासारखे आहे.

पुन्हा काही गोंधळ होऊ नये म्हणून बंडेल आणि कोव्हटन या शास्त्रज्ञांनी अत्यंत शुद्ध बेरिअम ऑक्साइड वापरले व धातूमधील भेसळीमुळे ते दूषित होऊ नये म्हणून रासायनिक दृष्टचा स्थायी पदार्थाबरोबर तापविले. ही पद्धत व त्याचे तंत्र यामध्ये प्रत्येक वर्षी सुधारणा होत गेली. पण हे काम एवढे अवघड होते की अगदी अलीकडेच शास्त्रज्ञ या कामात यशस्वी झाले: अत्यंत अचूकपणे मोजलेल्या बेरिअमचे अधिक प्रमाण इलेक्ट्रॉन उत्सर्जनाला जबाबदार होते. अशा रीतीने स्प्रॉलच्या सिद्धांतावर शिक्कामोर्तब झाले आणि या शतकाच्या सुरुवातीस शोधलेल्या घटनेचे स्पष्टीकरण मिळाले. बेरिअमच्या रससमीकरण-मितीय स्फटिकांमधून बाहेर येणाऱ्या इलेक्ट्रॉन अभिवाहामुळेच दूरचित्रवाणीतील चित्र रेखाटले जाते याचा पुढे उल्लेख होईलच.

मृत्तिका-चुंबके तयार करण्यासाठी बेरिअम ऑक्साईडचा वापर अलीकडे होऊ लागला आहे. बेरिअम ऑक्साईडचे आणि लोखंडाचे चूर्ण दाबाखाली शक्तिशाली चुंबकीय क्षेत्रात ठेवून हे साध्य केले जाते. या पद्धतीने मिळणाऱ्या बेरिअम फेरेट या संयुगाजवळ वैशिष्ट्यपूर्ण चुंबकीय गुणधर्म असतात व त्याचा उद्योगधंद्यात अधिकाधिक वापर होत आहे.

सध्या मात्र बेरिअमचे सर्वात महत्त्वाचे संयुग म्हणून बेरिअम टायटॅनेटचा उल्लेख करण्यात येतो. हा एक उत्कृष्ट फेरोविद्युत पदार्थ आहे. फेरोविद्युत (अथवा पराविद्युत) पदार्थ हे खास प्रकारचे अगदी अलीकडेच शोधलेले रासायनिक पदार्थ आहेत. या पदार्थांच्या इतिहासास १७ व्या शतकाच्या मध्यास सुरुवात झाली. फ्रेंच औषधतज्ज्ञ सिग्नेटने पोटॅशिअम-सोडिअम टार्टरेट (सिग्नेट क्षार अथवा रोकेल क्षार) चा शोध लावला. एक चांगले विरेचक

म्हणून ते प्रसिद्ध झाले. सुमारे अडीच शतके त्याचा एवढाच उपयोग होता. १९१८ मध्ये अमेरिकन रसायनज्ञ डी. अँडरसन यांना आढळले की उणे १५° सें. ग्रे. ते २२° सें. ग्रे. तपमानाच्या मर्यादेत सिग्नेट क्षारात काहीसा जास्तच पराविद्युतांक असून बाह्य विद्युत क्षेत्र नसतानाही ते ध्रुवीभवन झालेल्या अवस्थेत राहू शकते.

१९४४ मध्ये सोविएत भौतिकतज्ज्ञ वूल यास आढळले की निरपेक्ष शून्य ते १२५° सें. ग्रे. तपमानाच्या अफाट मर्यादेत बेरिअम टायटॅनेट जवळ पराविद्युत गुणधर्म असतात. यंत्रशास्त्रीय दृष्टचा बेरिअम टायटॅनेट खूप ताकद-वान असते. ते सहजपणे मिळत असल्यामुळे एक सर्वोत्तम फेरोविद्युत म्हणून व धारित्रांकरता एक उत्कृष्ट पदार्थ म्हणून नावारूपास आले. बेरिअम टायटॅनेट-जवळ उत्कृष्ट दाबविद्युत गुणधर्म (दाबामुळे विद्युतीय गुणधर्मांत होणारा बदल) असल्यामुळे दाब-विद्युत तत्त्वांमध्ये ते वापरण्यात येते.

सध्याच्या अफाट तंत्रशास्त्रीय प्रगतीच्या युगात विज्ञान उद्योग, शेती आणि इतर क्षेत्रात "जबाबदारीचे काम" करण्यासाठी पुढे सरसावणाऱ्या मूलद्रव्यांची संख्या दिवसेंदिवस वाढत आहे. परंतु त्यापैकी अनेक मूलद्रव्यांचे पृथ्वीच्या कवचात अत्यल्प प्रमाण असल्यामुळे त्यांचा उपयोग करता येत नाही. याबाबत बेरिअम नशीबवान आहे. पृथ्वीच्या कवचात त्याचे प्रमाण ०.५ टक्के असून निकेल, कोबाल्ट, जस्त आणि शिसे यांच्या एकत्रित प्रमाणा-पेक्षा ते बरेच अधिक आहे. बेरिअम करता नवनवीन भूमिका शोधण्याची जबाबदारी शास्त्रज्ञांची आहे.

यापैकी एक काम म्हणजे कृत्रिम धूमकेतूची निर्मिती हे होय. पृथ्वीपासून खूप अंतरावर असणाऱ्या अवकाश यानातून सोडलेल्या बेरिअमच्या वाफेपासून एक अतिशय दैदिप्यमान प्लाझ्मा तयार होतो. या प्लाझ्मामुळे अनेक संशोधना-त्मक कार्य, प्रकाशीय निरीक्षणे व अवकाश यानाचा मार्गपथ पडताळून पाहणे शास्त्रज्ञांना शक्य होते. १९५९ मध्ये सोविएत संघाच्या "लुना-१" या स्वयं-चलित स्थानकाच्या उड्डाणामध्ये अशा प्रकारच्या कृत्रिम धूमकेतूचा प्रयोग सर्वप्रथम करण्यात आला. या शतकाच्या आठव्या दशकाच्या सुरुवातीस पश्चिम जर्मनी व अमेरिकेतील भौतिक तज्ज्ञांनी पृथ्वीच्या विद्युत व चुंबकीय क्षेत्रांचा संयुक्तपणे अभ्यास केला. त्यावेळी त्यांनी कोलंबियावर खूप उंचीवरून बेरिअमचे १५ कि. ग्रॅं. वजनाचे अतिसूक्ष्मकण सोडले. परिणामी प्लाझ्मा ढग तयार झाला. अमेरिकेतील निरनिराळया ठिकाणांहून अवलोकन केले असता हा ढग पृथ्वीच्या चुंबकीय रेषांच्या दिशेने पसरलेला आढळला. यामुळे अवकाशातील त्यांच्या अंतराळयानाचे स्थान निश्चित करणे शक्य झाले. १९७९ मध्ये स्वीडन-च्या किरूना या चाचणी स्थानकावरून बेरिअमचा फवारा सोडण्यात आला.

सूर्याच्या किरणांमुळे बेरिअमचे त्वरित आयनीकरण होऊन एक प्रकाशपुंज तयार झाला. अतिशय संवेदनशील दूरदर्शन स्थानकाच्या साहाय्याने अगदी दूरपर्यंत हा प्रकाशपुंज दिसू शकला. बेरिअमच्या ढगांमुळे उत्तरेकडील आकाशात दिसणाऱ्या प्रकाशासंबंधी घटनांचे स्पष्टीकरण मिळू शकले, तर त्याच्या हालचालींमुळे, मार्गात येणाऱ्या विद्युत क्षेत्रांच्या स्वरूपाबद्दल माहिती मिळणार होती.

या मूलद्रव्याचा भविष्यकाळ खरोखरच आकर्षक आहे.

Hf

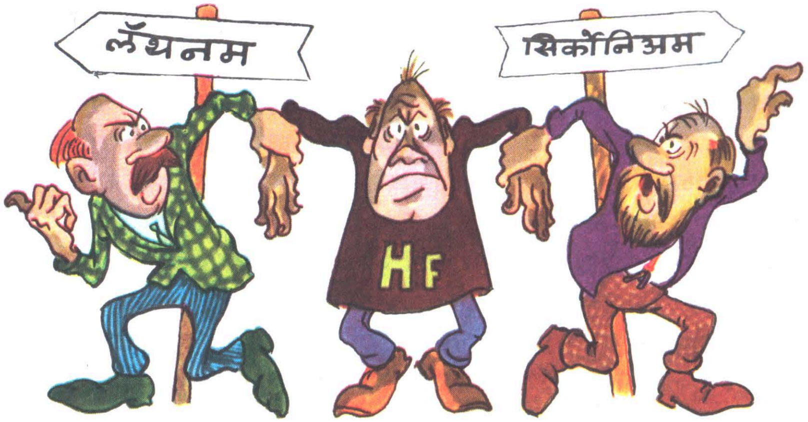
केवळ नाममात्र
(हाफ्निअम)

नशीबवान कोण ? – स्वितोई नोसमधील खनिज – साबणाचे फुगे – गरमागरम चर्चा – प्राचीन जमातीच्या सन्मानार्थ – मोसलेने लावलेला शोध – तुलना – देशबांधवांना पाठिंबा – अवशेष कोठे आहेत ? – जुळ्या भावंडांसंबंधी दोन शब्द – अडथळा – हाफ्निअमची धमकी – न्यूट्रॉनबाबत वेगवेगळा दृष्टिकोन – केवळ उपपदार्थ नाही – अणूभट्टी की अणूबाँब – सोन्याशी बरोबरी – आश्चर्यकारक रेझिन – अनेकांना गरज – नीलमणी अथवा फिअनाईट ?

आवर्ती कोष्टकाकडे एक ओझरती नजर टाकली तरी त्यातील काही मूलद्रव्यांच्या नावांचे "भौगोलिक" स्वरूप स्पष्ट होते. पुष्कळ मूलद्रव्यांची नावे, शहरे, देश आणि खंड यांच्या नावांशी संबंधित आहेत. परंतु सर्वच स्थानांच्या नावांना हा मान मिळालेला नाही. पृथ्वीवरील फक्त युरोप आणि अमेरिका या दोन खंडांचेच "नाव-बंधू" रासायनिक मूलद्रव्यांच्या यादीत पहावयास मिळतात. उरलेल्या इतर खंडांप्रमाणेच आशिया खंड सुद्धा याबाबत नशीबवान नाही. आशिया खंड हा मान मिळविण्याच्या बेतात होता. कसे ते पुढील घटनेवरून आपल्या ध्यानात येईल.

पहिले महायुद्ध सुरू होण्यापूर्वीच्या काळात सेंट पिटसबर्ग येथील खनिज-शास्त्रीय प्रयोगशाळेतील एका कर्मचाऱ्याने आर्टिक्ट समुद्रावरील आशिया खंडात असणाऱ्या एका प्रदेशातून ऑर्थोइट नामक खनिजाचा नमुना आणला. त्या काळात किरणोत्साराबद्दल अनेक शास्त्रज्ञांना फार उत्सुकता होती. ऑर्थोइट-मध्ये थोरिअम हे किरणोत्सारी मूलद्रव्य असल्याचे मानले गेले होते. म्हणून त्या खनिजाचे रासायनिक पृथक्करण करण्याचा निर्णय घेण्यात आला. खनिज-शास्त्रीय प्रयोग शाळेचे प्रमुख, प्रख्यात भू-रसायनज्ञ अकादमीशिअन विर्नादस्की यांनी हे काम त्यांचा विद्यार्थी, कंस्तांतिन नेनादकेविच याच्यावर सोपविले. लवकरच, थोरिअम म्हणून समजले जाणारे काही कण त्याने वेगळे केले पण त्याबाबत त्याला खात्री नव्हती.

विर्नादस्की यांच्या सुचनेनुसार नेनादकेविच यांनी मूलद्रव्याचा अणूभार निश्चित केला – तो १७८ पेक्षा किंचित अधिक होता. आवर्ती नियमानुसार



हे मूलद्रव्य आवर्ती कोष्टकातील ल्यूटेशिअम आणि टॅंटॅलम या मूलद्रव्यांदरम्यान रिकाम्या असणाऱ्या ७२ क्रमांकाच्या जागेवर ठेवले पाहिजे. नेनादकेविचने विर्नादस्की यांना नवीन मूलद्रव्याचा शोध लागल्याचे कळविले.

शास्त्रीय जगतात नवीन मूलद्रव्याचा शोध जाहीर करण्याची नेनादकेविचला प्रबळ इच्छा झाली होती. परंतु विर्नादस्की यांनी आपल्या अतिउत्साही विद्यार्थ्याला सल्ला दिला: "अजिबात घाई करू नकोस, निष्कर्षांची शंभर वेळा तपासणी केल्याशिवाय शोध जाहीर करू नकोस." त्यानंतर त्यांनी विचारले, "हे खनिज मिळाले कोठे?" स्वितोई नोस द्विपकल्पावरून." "म्हणजे ते आशिया खंडात सापडले तर! आपण त्याला एशिअम हे नाव देऊ."

तरीपण, एखाद्या रासायनिक मूलद्रव्याचा नातलग होणे पृथ्वीवरील या सर्वात मोठ्या खंडाच्या नशीबात नव्हतेच. त्यानंतर लवकरच सुरू झालेले पहिले महायुद्ध, पाठोपाठ १९१७ ची क्रांती व यादवी युद्धामुळे नवीन मूलद्रव्याचा अभ्यास खूप वर्षे झालाच नाही. मध्यंतरी या मूलद्रव्याच्या इतिहासाशी सरळसरळ संबंध असलेल्या काही घटना मात्र घडल्या.

त्यावेळी ज्ञात असलेल्या सर्व रासायनिक मूलद्रव्यांना मेंदेलेयेवने आवर्ती कोष्टकात "बसविले" होते. पण तरीही ७२ क्रमांकाची जागा रिकामीच होती. या जागेतील भावी रहिवाशाचा अणूभार १८० च्या जवळपास असावा असे शास्त्रज्ञांनी मनोमन जाणले होते. तसेच, झिर्कोनिअमखाली त्याची जागा असल्यामुळे नवीन मूलद्रव्याचे गुणधर्म झिर्कोनिअमच्या गुणधर्मांशी मिळतेजुळते आहेत, आणि निसर्गात झिर्कोनिअमबरोबरच हे मूलद्रव्य आढळण्याची शक्यता होती.

झिर्कोनिअमच्या धातुकात भेसळ असल्याचे फार पूर्वी लक्षात आले होते.

१९ व्या शतकात, झिर्कोनिअमच्या खनिजात नवीन मूलद्रव्य असल्याचा दावा करणारे वृत्तांत फार थोडे होते. तेव्हा मूलद्रव्याचा पुनःपुन्हा "शोध" लावून त्यास प्रत्येक वेळी नवीन नावे (ऑस्ट्रॅनिअम, नोरिअम, जार्गोनिअम, निग्रिअम, ऑक्सेनिअम) देण्यात आली. ही नावे साबणाच्या फुग्याप्रमाणे क्षणभंगूर ठरली: प्रत्येक वेळी "शोधकांची" चूक काळजीपूर्वक विश्लेषण केल्यानंतर लक्षात येत असे.

आवर्ती कोष्टकात मूलद्रव्य क्र. ७२ च्या डाव्या बाजूला लँथनम या मूलद्रव्याच्या "नेतृत्वाखाली" दुर्मिळ मृत्तिका धातूंचे संपूर्ण कुटुंब असल्यामुळे या नवीन मूलद्रव्याच्या व्यक्तिमत्वाबद्दल कोणताही निष्कर्ष काढणे अवघड होते. त्यावेळी दुर्मिळ मृत्तिका धातूंची नेमकी संख्या ठाऊक नव्हती. मूलद्रव्य क्र. ७२ बाबत गरमागरम चर्चा होऊ लागली. काही शास्त्रज्ञांचे असे म्हणणे होते की, हे मूलद्रव्य रासायनिक दृष्टया झिर्कोनिअमला अधिक जवळ आहे. तर हे मूलद्रव्य दुर्मिळ मृत्तिका धातूंच्या समूहातच असल्याचे इतर शास्त्रज्ञांचे मत होते.

१८९५ मध्ये डेनमार्कच्या ज्यूलिअस थॉमसनने एक सिद्धांत मांडून पहिल्या मताला पुष्टी दिली पण त्यामुळे त्याच्या विरोधकांचे समाधान होऊ शकले नाही. २० व्या शतकाच्या सुरुवातीस फ्रेंच रसायनज्ञ अर्बेन, त्याने केलेल्या दुर्मिळ मृत्तिका धातूंच्या अभ्यासामुळे प्रसिद्ध झाला होता. पण ७२ क्रमांकाच्या मूलद्रव्याबाबत त्याने जे विचार मांडले त्यामुळे गोंधळच निर्माण झाला.

१९०७ मध्ये अर्बेनने ल्यूटेशिअम (क्र. ७१) हे मूलद्रव्य शोधले. लँथनाइड समूहातील अगदी उजव्या बाजूकडील हे शेवटचे मूलद्रव्य आहे. ल्युटेशिअमनंतर दुर्मिळ मृत्तिका वर्गातील अजून एखादे मूलद्रव्य सापडेल असा त्याचा विश्वास होता. १९११ मध्ये एका नवीन मूलद्रव्याचा शोध त्याने जाहीर केला. लँथनाइड समूहातील ७२ क्रमांकाचे हे शेवटचे मूलद्रव्य असल्याचे त्याने मानले. फ्रान्समध्ये एकेकाळी वस्ती असणाऱ्या सेल्ट जमातीच्या लोकांच्या सन्मानार्थ त्याने मूलद्रव्याला सेल्टिअम हे नाव दिले.

दोन वर्षांनंतर हेन्री मोसले या तरुण ब्रिटिश भौतिकतज्ज्ञाने एक अतिशय महत्त्वाचा शोध लावला: कोणत्याही मूलद्रव्याच्या क्ष-किरण वर्णपटावरून त्या मूलद्रव्याच्या अणूवरील प्रभार-म्हणजेच, मूलद्रव्याचा दर्शकांक ठरविता येतो. सेल्टिअमच्या क्ष-किरण वर्णपटात मूलद्रव्य क्र. ७२ शी संबंधित कोणत्याही रेषा आढळल्या नाहीत. अर्बेनने ज्या पदार्थाला मूलद्रव्य म्हणून समजले ते दुर्मिळ मृत्तिका धातूंचे केवळ मिश्रण आहे असा निष्कर्ष मोसलेने काढला.

सेल्टिअमचा नाद सोडून देण्यास अर्बेन नाखूष होता. दोषपूर्ण उपकरणांमुळे मोसलेचे प्रयोग अचूक म्हणता येणार नाहीत असा शेरा त्याने मारला. पण मोसलेला मात्र त्याच्या फ्रेंच सहकाऱ्याला काहीच उत्तर देता आले नाही:

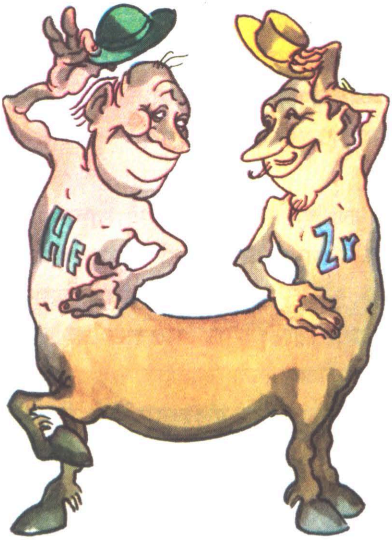
ब्रिटिश युद्ध खात्याचा सदस्य असताना १९१५ च्या हिवाळयात डार्डनेल्सच्या पश्चिम किनाऱ्यावरील गॅलिपोलीवरील आक्रमणात तो मारला गेला. दरम्यान ए. डॉव्हिलिअर या फ्रेंच भौतिकतज्ज्ञाने अर्बेनच्या विनंतीवरून सेल्टिअमचा बारकाईने अभ्यास केला. लँथनाइड मिश्रणाच्या वर्णपटात मूलद्रव्य क्र. ७२ च्या दोन अगदी अस्पष्ट रेषा त्याला आढळल्या अशा तऱ्हेने सेल्टिअमचे "पुनर्वसन" झाले.

पण अर्बेनच्या आनंदावर लवकरच विरजण पडले. याबद्दल त्याला प्रख्यात डॅनिश भौतिकतज्ज्ञ नील्स बोरचे "आभार" मानावयास हवेत. अणू-संरचने-बाबतच्या बोरच्या इलेक्ट्रॉन सिद्धांतामुळे कोणत्याही मूलद्रव्याच्या अणूची प्रतिकृती तयार करणे शक्य झाले होते. या सिद्धांतानुसार मूलद्रव्य क्र. ७२ च्या अणूमध्ये आणि दुर्मिळ मृत्तिका धातूंच्या अणूमध्ये काहीच साम्य नसून उलट चवथ्या गटातील टिटॅनिअम आणि झिर्कोनिअम या मूलद्रव्यांशी ते मिळते-जुळते असले पाहिजे असे निष्पन्न झाले.

तराजूच्या एका तागडीत अर्बेनचे प्रयोग आणि विधाने व डॉव्हिलिअर-च्या प्रयोगांचा पाठिंबा, तर दुसऱ्या तागडीत प्रायोगिकरित्या सिद्ध न झालेले मेंदेलेयेवचे मत, थॉमसनची विधाने आणि बोरची आकडेमोड असे चित्र दिसू लागले. यापैकी बरोबर कोण?

हंगेरिअन रसायनज्ञ जी. वॉन हेवेसे आणि डच भौतिकतज्ज्ञ डी. कॉस्टर यांनी या समस्येचे निराकरण केले. बोरचा अधिकार मान्य करूनच त्यांनी झिर्कोनिअम खनिजांमध्ये ७२ क्रमांकाचे मूलद्रव्य मिळते का ते पाहण्यास सुरुवात केली. १९२३ मध्ये नॉर्वेमधील झिर्कोनिअम धातुकामध्ये त्यांना नवीन मूलद्रव्य मिळाले व क्ष-किरण वर्णपटीय विश्लेषणातून त्याच्या केंद्रकावरील प्रभार ७२ असल्याचे लक्षात आले. मेंदेलेयेव, थॉमसन आणि बोर यांनी भाकीत केल्याप्रमाणे त्याचे रासायनिक गुणधर्म झिर्कोनिअम सारखेच होते, मूलद्रव्याच्या शोधाबाबतचे शास्त्रीय निष्कर्ष दोषविरहित असल्यामुळे नवीन मूलद्रव्याला आवर्ती कोष्टकात जागा मिळाली. हेवेसे आणि कॉस्टर यांनी या मूलद्रव्याला हाफ्निअम नाव दिले. कारण, कोपेनहागेन येथे या मूलद्रव्याचा शोध लागला होता व हाफ्निआ हे कोपेनहागेनचे प्राचीन लॅटिन नाव आहे.

अर्बेन आणि डॉव्हिलिअरची मते चुकीची होती हे जरी वादातीत असले आणि सेल्टिअम हे मूलद्रव्य रसायनशास्त्राच्या इतिहासात केवळ नावापुरतेच राहिले तरीसुद्धा आपल्या सहकारी देशबांधवांना पाठिंबा म्हणून फ्रेंच शास्त्रज्ञ त्यानंतर सुमारे पंचवीस वर्षे ७२ क्रमांकाच्या मूलद्रव्याचा उल्लेख सेल्टिअम म्हणूनच करत असत. १९४९ मध्ये "इंटरनॅशनल युनिअन ऑफ प्युअर ॲण्ड अप्लाइड केमिस्ट्री"च्या बैठकीत सेल्टिअम हे नाव रद्दबातल ठरवून हाफ्निअम हेच नाव पक्के करण्यात आले.



अशा रीतीने तराजूचा काटा सिद्धांताच्या बाजूने – मेंदेलेयेवचा आवर्ती नियम आणि बोर पुरस्कृत इलेक्ट्रॉन प्रतिकृती–झुकला. पण मग लँथनाइड संयुगांच्या वर्णपटात डॉव्हिलिअरला ज्या दोन रेषा आढळल्या होत्या त्या कोणत्या होत्या? अर्बेनच्या चुकीच्या दृष्टिकोनाला पाठिंबा देण्याकरता आपल्या सद्सद्विवेक बुद्धीशी तर त्याने तडजोड केली नसेल? मुळीच नाही. डॉव्हिलिअरला रेषा खरोखरच दिसल्या होत्या व मूलद्रव्य क्र. ७२ शी त्या रेषांचा संबंध होता. कारण दुर्मिळ मृत्तिका धातूंबरोबर कधी कधी हाफ्निअम आढळते. या वस्तुस्थितीनेच शास्त्रज्ञांना चकविले.

सेंट पीटसबर्गमधील प्रयोगकर्त्यांचे काय? वाचकांच्या लक्षात आले असेलच की, विर्नादस्की आणि नेनादकेविच यांनी जे मूलद्रव्य अत्यल्प प्रमाणात मिळविले होते ते हाफ्निअमच होते. परंतु परिस्थितीमुळे या मूलद्रव्याची अधिकृत घोषणा त्यांना करता आली नाही. विर्नादस्कीच्या इच्छेप्रमाणे आशिया खंडाचे नाव या मूलद्रव्याला न मिळता डेनमार्कच्या राजधानीचे नाव मिळाले.

गोंधळात टाकणारे हे मूलद्रव्य दिसते तरी कसे? रूपेरी रंगाचा हा चकचकीत धातू तळहातावर ठेवून न्याहाळण्याची संधी तुम्हाला मिळाली असेल असे मुळीच वाटत नाही. पण या मूलद्रव्याच्या नैसर्गिक साठ्यांची अजिबात वाण नाही हे सुद्धा कबूल केले पाहिजे: हे साठे रूप्याच्या साठ्यांपेक्षा पंचवीस पट, तर सोन्याच्या साठ्यांपेक्षा १००० पट अधिक आहेत. असे असून सुद्धा सोने व चांदी तुम्ही पाहता. पण हाफ्निअम पाहिले किंवा नाही याबाबत शंकाच आहे. या विरोधाभासाला काय स्पष्टीकरण आहे?

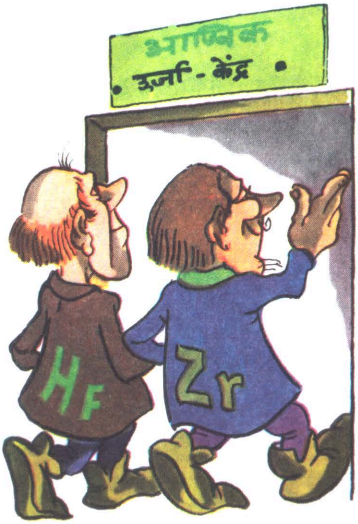
हा धातू खूप विखुरलेला असून त्याचे जेमतेम काही कणच शोधून काढता येतात. खरे तर हा धातू इतका तुरळकपणे विखुरलेला आहे की पृथ्वीवर त्याचा एकही साठा नाही. झिर्कोनिअमच्या पाठोपाठ हा धातू सावलीप्रमाणे धावत असतो. झिर्कोनिअमच्या कोणत्याही खनिजात हाफ्निअमचे कण असतात. परंतु झिर्कोन हे एकच खानिज हाफ्निअमच्या उत्पादनाकरता कच्चा माल म्हणून वापरता येते. या खनिजात झिर्कोनिअमच्या प्रत्येक १०० अणूंमध्ये हाफ्निअमचा फक्त एक अणू असतो. कच्च्या मालापासून धात्विक हाफ्निअम

तयार करण्यासाठी अतिशय गुंतागुंतीची तंत्रशास्त्रीय पद्धत आहे. ही गुंतागुंत नेमकी झिर्कोनिअममुळेच निर्माण होते.

यातील मेख अशी आहे की, हाफ्निअम आणि झिर्कोनिअम "रासायनिक जुळी भावंडे" आहेत. म्हणून हाफ्निअमपूर्वी १५० वर्षे अगोदर झिर्कोनिअमचा शोध लागला. दोन मूलद्रव्यांमध्ये एवढे रासायनिक साम्य क्वचितच आढळते. अजून अशी एकही रासायनिक क्रिया माहीत नाही की ज्यामध्ये या "जुळयां"पैकी फक्त एकच मूलद्रव्य भाग घेते व दुसरे तटस्थ राहते.

विश्वास न बसण्याइतकी ही समानता, दोन रासायनिक जुळयांना वेगळे करू पाहणाऱ्या तंत्रज्ञांना एक "अडथळा"च वाटतो. अगदी आजपर्यंत या मूलद्रव्यांच्या द्रावणीयतेमधील अगदी सूक्ष्म फरकाचा आधार घेऊन व सुमारे ५०० वेळा विरघळवून आणि स्फटिकीकरण करूनच हाफ्निअम आणि झिर्कोनिअम अलग करण्यात येत होते. या पद्धतीला किती खर्च येत असेल त्याची कल्पनाच केलेली बरी. अगदी १५ वर्षांपूर्वीच्या काळात सुद्धा हाफ्निअमचे व्यापारी उत्पादन होत नसे. दरवर्षी काही किलोग्रॅम उत्पादन होत होते, ते संशोधन कार्याकरता पुरेसे होते. हाफ्निअमचे काही कण ज्या मूलद्रव्यात सापडतात अशा झिर्कोनिअम बाबत सुद्धा इतकी वाईट परिस्थिती नव्हती.

खरोखरच, हाफ्निअमने त्याच्या प्रमाणित नातेवाईकाबरोबर कधीच प्रतारणा केली नाही. क्षरण-विरोध पदार्थ म्हणून झिर्कोनिअमचा वापर होतो व हाफ्निअममध्ये सुद्धा क्षरण-विरोधी क्षमता असल्यामुळे फारसे काही बिघडले नाही. मात्र तंत्रज्ञानाचा जसजसा विकास झाला आणि अणूभट्टीमध्ये युरेनिअमच्या इंधन-दंडांच्या संरक्षक आवरणाकरता झिर्कोनिअमचा उपयोग होऊ लागला तेव्हापासून मात्र हाफ्निअमबरोबरील त्याचा संबंध त्रासदायक ठरला. या



दोन मूलद्रव्यांमध्ये पुष्कळ साम्य असले तरी न्यूट्रॉनबाबत त्यांचा दृष्टिकोन अगदी भिन्न होता. झिर्कोनिअममधून न्यूट्रॉन आरपार जाऊ शकतात, तर हाफ्निअम मात्र न्यूट्रॉनचे अगदी आधाशीपणे शोषण करतो. युरेनिअम दंडांवरील संरक्षक आवरणामध्ये न्यूट्रॉनचे शोषण मुळीच होता कामा नये. या कामासाठी झिर्कोनिअम अगदी आदर्श आहे. पण झिर्कोनिअममध्ये केवळ दोन टक्के जरी हाफ्निअम असले तरी न्यूट्रॉन-बाबत झिर्कोनिअमची मूळ पारदर्शकता १/२० प्रमाणात कमी होते.

अणूभट्टीसाठी उपयुक्त, म्हणजे ज्यामध्ये हाफ्निअमचे प्रमाण ०.०१ टक्क्यांपेक्षा कमी आहे असे झिर्कोनिअम तयार करण्यासाठी शास्त्रज्ञांना गंभीरपणे विचार करावा लागला. उद्योगधंद्याच्या दृष्टिकोनातून ५०० वेळा प्रक्रिया करून झिर्कोनिअम मिळविणे कल्पनातीत होते. म्हणून अधिक कार्यक्षम व कमी खर्चिक पद्धत शास्त्रज्ञांनी शोधली. झिर्कोनिअमपासून हायड्रॉक्साइड स्वरूपात जे हाफ्निअम वेगळे करण्यात येते ते उप-पदार्थ असल्याचे प्रथम मानण्यात आले. पण लवकरच हा दृष्टिकोन बदलला. हाफ्निअमला सुद्धा अणूभट्टीमध्ये काम मिळाले.

नियंत्रक-दंडांशिवाय कोणत्याही अणूभट्टीचे कार्य होऊ शकणार नाही हे आपण पाहिलेच आहे. आण्विक अभिक्रियेच्या वेगाचे नियमन करण्याचे कार्य हे दंड करत असतात. अणूभट्टीच्या गाभ्यातून हे दंड वर उचलले तर अधि-काधिक न्यूट्रॉन तयार होतात. जास्त प्रमाणातील न्यूट्रॉन शोषून घेण्याकरता नियंत्रक दंड पुन्हा गाभ्यामध्ये सरकविले नाहीत तर अणूभट्टीचे रूपांतर एखाद्या अणूबॉंबमध्ये होऊन त्यानुरूप भयानक परिणाम घडतील. नियंत्रक-दंडांसाठी उत्तम ताकद, आणि उच्च क्षरण-विरोधी क्षमता या गुणधर्मांचा समन्वय असणारे हाफ्निअमसारखे उत्कृष्ट मूलद्रव्य दुसरे कोणतेच नसावे.

या शतकाच्या सहाव्या दशकाच्या सुरुवातीस अमेरिकेमध्ये हाफ्निअमचे उत्पादन जेमतेम ५० कि. ग्रॅं. होते. दहा वर्षांनंतर हेच उत्पादन ६० टनांपर्यंत पोचले. अणू-उद्योगात अडथळा येणार नाही असे झिर्कोनिअम विरहीत, अतिशुद्ध हाफ्निअम तयार करण्याच्या प्रश्नाला अग्रक्रम मिळाला.

इतर नवीन पदार्थांप्रमाणेच हाफ्निअम अद्यापीही खूप महाग आहे. अमे-

िकन अंदाजानुसार हाफ्निअमच्या साठ्यांची किंमत रुप्यापेक्षा कितीतरी अधिक आहे. महाग असल्यामुळे हाफ्निअमच्या वापरावर बंधने येतात, तर दुसरीकडे त्याच्या उत्पादनाच्या नवीन पद्धती शोधून त्यांची किंमत कमी करण्यासाठी रसायनज्ञ आणि खनिजतज्ज्ञांवर दबाव येत आहे.

या कामासाठी आयॉन-विनिमय रेझिनचा चांगला उपयोग होतो. झिर्कोनिअम आणि हाफ्निअमचे द्रावण जर आयॉन विनिमय रेझिनच्या स्तंभातून नेले तर स्तंभामध्ये हाफ्निअम पकडले जाते व उर्वरित द्रावण हाफ्निअमपासून मुक्त होते. रेझिनवर आम्लाची प्रक्रिया करून शुद्ध हाफ्निअम मिळविता येते.

तंत्रविज्ञानाच्या अनेक क्षेत्रात हाफ्निअमचे उपयोग होऊ शकतात. धातूतज्ज्ञांच्या मतानुसार हाफ्निअममुळे इतर धातूंच्या यंत्रशास्त्रीय गुणधर्मात बदल होईल आणि उष्णता-विरोधी पोलाद तयार करण्याच्या नवीन पद्धती विकसित करण्यात त्याची मदत होईल. हाफ्निअमची उष्णता-विरोधक क्षमता आहेच (विलय बिंदू: २२००° सें. ग्रे.), त्याचबरोबर उष्णता शोषून घेण्याच्या व उत्सर्जन करण्याच्या क्षमतेमुळे जेट इंजिनांच्या भागांकरता (पाती, झडपा, इत्यादी) ते उत्कृष्ट आहे. हाफ्निअममध्ये एक ठळक उणीव सुद्धा आहे: झिर्कोनिअमपेक्षा ते दुप्पट जड आहे, टिटॅनिअमपेक्षा तीनपट जड तर बेरिलिअमबरोबर जडपणात तुलनाच होऊ शकणार नाही. रासायनिक अभियांत्रिकीमध्ये हाफ्निअम उपयुक्त ठरेल. तेथे धातूच्या जडपणा अथवा हलकेपणामुळे फारसा फरक पडत नाही. शिवाय, हाफ्निअमच्या क्षरण-विरोधी क्षमतेचा मात्र चांगला उपयोग होईल.

विद्युत अभियांत्रिकीमध्ये आणि रेडिओ-उद्योगात इलेक्ट्रॉन नलिका, क्ष-किरण आणि चित्र-नलिकांच्या उत्पादनात हाफ्निअमचा वापर होतो. टंगस्टनमध्ये हाफ्निअम डायॉक्साइड मिसळले तर मिश्रधातूचा आयुष्यकाल वाढतो. हाफ्निअमच्या प्रामुख्याने नायट्राईड व कार्बाईड संयुगांना (विलय बिंदु– ४०००° सें. ग्रे.) उष्णता-रोधक साहित्य म्हणून खास महत्त्व प्राप्त होईल.

काही वर्षांपूर्वी फिआनाईट हा नवीन शब्द (इन्स्टिटयूट ऑफ फिजिक्स ऑफ द यू. एस. एस. आर. अकादमी ऑफ सायन्सेस असा अर्थ असणाऱ्या फिआन या संक्षिप्त रशियन शब्दावरून) वरचेवर ऐकू येऊ लागला. अलीकडेच शोध लागलेल्या कृत्रिम मौल्यवान रत्नाचे हे नाव आहे: झिर्कोनिअम आणि हाफ्निअमच्या डायॉक्साइड संयुगांचे ते एकाकी स्फटिक आहेत. अत्यंत आकर्षक रंगछटा असल्यामुळे (निरनिराळया मूलद्रव्यांमुळे स्फटिकांना कोणताही रंग प्राप्त होऊ शकतो) फिआनाईटचे स्फटिक नीलमणी, पुष्पराग, गार्बेट व ॲक्वामरिन आणि इतर मौल्यवान खड्यांप्रमाणेच सुंदर दिसतात, पण आकर्षकता हेच केवळ फिआनाईटचे एकमेव वैशिष्ट्य नाही. त्यांच्यामध्ये अनेक अद्वितीय

गुणधर्मांचा मिलाफ आहे: उच्च वक्रीभवनांक (हिऱ्याप्रमाणेच), कठीणता, उष्णतारोधकता आणि रासायनिक पदार्थांविरुद्ध टिकाव धरण्याची क्षमता हे ते गुणधर्म होत. या गुणधर्मांव्यतिरिक्त, ते फारसे महाग नसल्यामुळे विज्ञान आणि तंत्रविज्ञानाच्या क्षेत्रात त्यांचा यशस्वी वापर होतो: भिंगे व लोलक तयार करण्याचे साहित्य, उच्च तपमान आणि घातक रसायनांशी संबंध येणाऱ्या उपकरणांच्या "खिडक्यां"साठी त्यांचा उपयोग होतो. फिआनाईट-पासून उत्कृष्ट लेसर साहित्य तयार होते.

असे असून सुद्धा भविष्यकाळातही सध्याप्रमाणेच हाफ्निअमच्या एकूण उत्पादनापैकी ९० टक्के उत्पादन वापरण्याची मक्तेदारी अणू – उद्योग मुळीच सोडणार नाही. आधुनिक तंत्रविज्ञानात अणू – उद्योगाचे महत्त्वाचे स्थान लक्षात घेता हे साहजिकच म्हटले पाहिजे.

Re

कचऱ्याच्या ढीगाचे गुपित
(ऱ्हेनिअम)

उत्कृष्ट सौदा – मूलद्रव्यांच्या कोष्टकातील रिकाम्या जागा – खोटा हक्क सांगणारे – पळपुटचा मूलद्रव्यांच्या शोधात – संशयाचे सावट – रिकामी जागा – मोहिकन जमातीमधील शेवटचे – मूलद्रव्यास नदीचे नाव – पिरॅमिडच्या शिरोबिंदूवर – जमीनीखाली खोलवर – एक पौंड ऱ्हेनिअमची किंमत – अविश्वसनीय अष्टक – सीमारेषेनजिक – आश्चर्यकारक तंतु – सुरक्षित संपर्क – कॉंप्युटरची मदत – नवीत संरक्षक थर – उत्कृष्ट उत्प्रेरक – सन्माननीय पाहुणे.

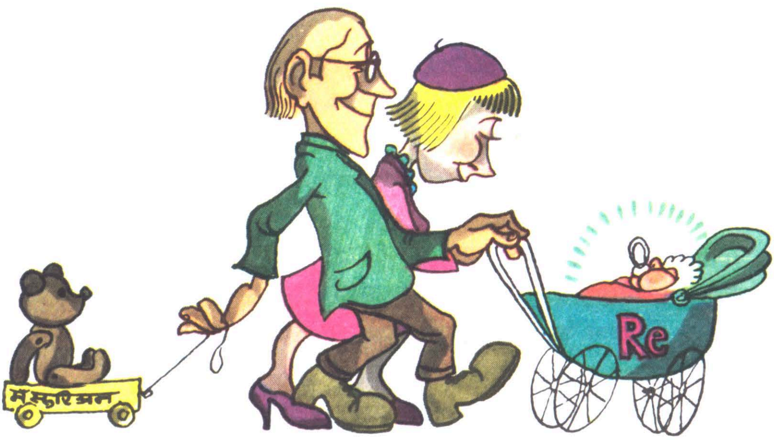
या शतकाच्या तिसऱ्या दशकाअखेरीस एका मोठ्या परदेशी कंपनीने एक चांगला प्रस्ताव सैबेरियातील अलोही धातू तयार करणाऱ्या कारखान्यापुढे ठेवला. कारखान्याच्या परिसरातील निरुपयोगी कचऱ्याचे ढीग खरेदी करण्या-करता बरीच मोठी रक्कम देऊ केली होती.

कारखान्याच्या अधिकाऱ्यांनी अचूकपणे जाणले की, त्या कंपनीच्या मनात सोविएत उद्योगांचे भले करण्याचा हेतू नसून त्यांच्या स्वतःच्या फायद्याचा विचार आहे. कारखान्यातील रसायनज्ञांना त्या कचऱ्याचे विश्लेषण करण्यास सांगितले गेले. परदेशी कंपनीचा हेतू लवकरच स्पष्ट झाला. त्या कचऱ्यामध्ये एक अत्यंत दुर्मिळ मूलद्रव्य – ऱ्हेनिअम – होते. काही वर्षांपूर्वीच ऱ्हेनिअमचा शोध लागला होता. त्यावेळी ऱ्हेनिअमचे जागतिक उत्पादन केवळ काही ग्रॅममध्ये मोजले जात असल्यामुळे त्याची किंमत खरोखरच अफाट होती. परदेशी कंपनीचे प्रतिनिधी त्या कचऱ्यासाठी भरमसाठ रक्कम मोजण्यासाठी तयार होते यात नवल नाही. मागणी अर्थातच नामंजूर करण्यात आली.

ऱ्हेनिअम आहे तरी कसे व त्याबद्दल एवढी उत्सुकता का?

इदा आणि वॉल्टर नोडॅक यांनी हा धातू शोधला. पण या शोधाचे श्रेय त्यांना देणारे फारच थोडे लोक होते. साधारणपणे १८७१ च्या सुमारास मेंदेलेयेवने असे भाकीत केले होते की, मँगनीजसदृश दोन मूलद्रव्ये निसर्गात अस्तित्वात असून आवर्ती कोष्टकात मँगनीज खालील ४३ व ७५ क्रमांकाच्या जागांवर त्यांचा हक्क आहे. मेंदेलेयेवने त्यांना एका-मँगनीज व द्वि-मँगनीज अशी तात्पुरती नावे दिली.

लवकरच या जागांवर हक्क सांगणाऱ्यांची संख्या वाढू लागली. रसायन-



शास्त्राच्या इतिहासात "जन्मास आल्यानंतर" काळजीपूर्वक अभ्यासामुळे "लोप पावलेल्या" मूलद्रव्यांची संख्या अमर्याद आहे. मँगनीज – सदृश मूलद्रव्यांबाबत नेमके हेच घडले. निरनिराळया देशांमधील अनेक रसायनज्ञांनी या रहस्यमय मूलद्रव्यांच्या (उदाहरणार्थ, इल्मेनिअम, डेव्हिअम, ल्युसिअम, निघोनिअम) शोधांवर हक्क सांगितला. पण ते सर्वजण चुकले होते. फक्त डेव्हिअमबाबत मात्र असे मत व्यक्त करणे उचित ठरणार नाही. १८७७ मध्ये रशियन रसायनज्ञ एस. कर्न यांनी शोधलेले आणि प्रसिद्ध ब्रिटिश रसायनज्ञ सर डेव्ही यांच्या सन्मानार्थ नाव दिलेले डेव्हिअम हे मूलद्रव्य त्याच्या वैशिष्टयपूर्ण रासायनिक अभिक्रियेमुळे सर्वांना ज्ञात झाले होते. आज याच अभिक्रियेचा उपयोग ऱ्हेनिअम शोधण्यासाठी होतो. कर्नला कदाचित हा गडद, रूपेरी धातू मिळालाही असेल, हाच धातू पुढे ५० वर्षांनी ऱ्हेनिअम म्हणून अधिकृतपणे ओळखला जाऊ लागला. ते काहीही असो, कर्नच्या काळात ४३ व ७५ क्रमांकाची स्थाने "रिकामी"च राहिली.

इदा आणि वॉल्टर नोडॅक यांनी हरविलेल्या मूलद्रव्यांचा शोध हाती घेईपर्यंत मँगनीज – सदृश मूलद्रव्यांबाबत अनिश्चिततेचा काळ संपलेला नव्हता.

१९२२ मध्ये त्यांनी प्लॅटिनम धातुकावर प्रयोग करण्यास सुरुवात केली. पण हे प्रयोग फारच खर्चिक असल्यामुळे "साध्या" पदार्थांकडे त्यांना वळावे लागले. ४३ व ७५ क्रमांकाची मूलद्रव्ये कोलांबाइट वर्गातील खनिजांमध्येच असणार हे त्यांनी केलेल्या सैद्धांतिक स्वरूपाच्या संशोधनामुळे सिद्ध झाले होते. या मूलद्रव्यांचे पृथ्वीच्या कवचातील अंदाजे प्रमाण सुद्धा त्यांनी ठरविले होते. या मूलद्रव्यांच्या एका अणूबरोबर इतर मूलद्रव्यांचे लक्षावधी अणू असतात. ४३ व ७५ क्रमांकाची "जागा" इतके दिवस रिकामी का राहिली हे आता लक्षात आले.

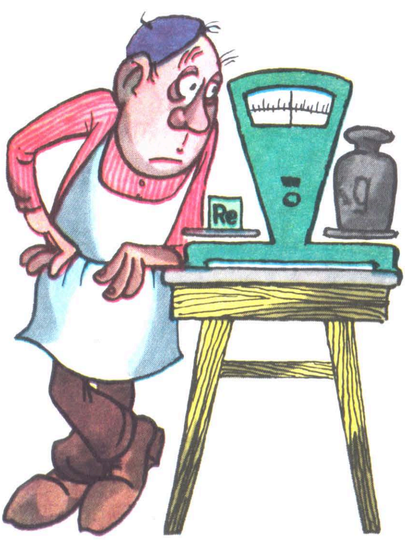
नोर्डेक दाम्पत्याने ऱ्हेनिअमचा शोध लावण्यासाठी जेवढे परिश्रम घेतले ते लक्षणीय होते : त्यावेळी नुकत्याच शोध लागलेल्या क्ष-किरण वर्णपट पद्धतीचा उपयोग करून त्यांनी एका वर्षात पृथ्वीवरील व सुमारे ६० उल्का पाषाणांमधील १६०० खनिजांचा अभ्यास केला. त्यांच्या परिश्रमाचे सार्थक झाले : १९२५ मध्ये त्यांनी कोलंबाइट खनिजामध्ये मूलद्रव्य क्र. ४३ (मॅसुरिअम) आणि क्र. ७५ (ऱ्हेनिअम) असल्याचे जाहीर केले.

पण फक्त शोध जाहीर करून भागण्यासारखे नव्हते. या शोधाबाबत संशय घेणाऱ्यांचे शंकानिरसन करावयास हवे. मूलद्रव्यांच्या कोष्टकातील रिकाम्या जागा भरण्याची हीच योग्य वेळ आहे असे न मानणाऱ्या शास्त्रज्ञांमध्ये जर्मन रसायनज्ञ प्रँडल्ट याचा समावेश होता. एक अतिशय हुषार प्रयोगकर्ता व सिद्धांत-तज्ज्ञ असलेला प्रँडल्ट नोर्डेक दांपत्याशी वाद घालू लागला. कोणत्याही परिस्थितीत आपली पत राखण्याचा नोर्डेक दांपत्याने सुद्धा निश्चय केला होता. या दोन बाजूंमधील द्वंद्वामध्ये शास्त्रीय जगाने खूपच स्वारस्य दाखविले. त्याचा निकाल अनिर्णीत राहिला. मॅसुरिअमच्या शोधाबाबत नोर्डेक दांपत्य विश्वसनीय पुरावा देऊ शकले नाही. पण ऱ्हेनिअमचे अस्तित्व मात्र वादातीतपणे सिद्ध झाले होते : सुरुवातीला, १९२६ मध्ये या धातूचे २ मि. ग्रॅ. वजन असलेले कण अलग करण्यात आले तर त्यानंतर एका वर्षाने १२० मि. ग्रॅ. धातू मिळविण्यात आला.

ब्रिटनच्या एफ. लॉरिंग आणि झेकोस्लोव्हाकियाच्या आय. द्रुत, जे. गेरोवस्की, व्ही. दोलेजेक यांच्या कार्यामुळे (नोर्डेक दांपत्याने ऱ्हेनिअमचा शोध लावल्यावर काही महिन्यांनी या शास्त्रज्ञांनी स्वतंत्रपणे मॅंगनीजच्या धातुकात ऱ्हेनिअमचा शोध लावला) आवर्ती कोष्टकातील एका "जागेतील" तरी मूलद्रव्याचा शोध लागला असल्याची खात्री पटली.

ऱ्हेनिअम खरोखरच "मोहिकन जमातीच्या लोकांपैकी" शेवटचे मूलद्रव्य होते. म्हणजेच, नैसर्गिक खनिजांमध्ये शोधलेले ते शेवटचे मूलद्रव्य होते. ऱ्हेनिअमच्या शोधानंतर सुद्धा आवर्ती कोष्टकातील काही रिकाम्या जागा भरण्यात आल्या. पण न्यूक्लिय अभिक्रियांद्वारे कृत्रिमपणे ही मूलद्रव्ये तयार करण्यात आली. त्यापैकी पहिले मूलद्रव्य म्हणजे मॅसुरिअम : त्याचे शोधक, इटालिअन शास्त्रज्ञ सेग्रे आणि पेरिअर यांनी त्यास टेक्नेशिअम नाव दिले.

ऱ्हाईन नदी (इदा नोर्डेकचे जन्मस्थान) वरून नवीन मूलद्रव्याला ऱ्हेनिअम हे नाव सुचविण्यात आले. (इतर कोणत्याही मूलद्रव्याचे नाव नदीच्या नावावरून देण्यात आलेले नाही.) चवथ्या दशकामध्ये जर्मनीत व्यापारी तत्त्वावर ऱ्हेनिअमच्या उत्पादनास सुरुवात झाली. एक टन धातुकामध्ये १०० ग्रॅम ऱ्हेनिअमचे प्रमाण असलेले मॉलिब्डेनमचे धातुक तेथे सापडले होते. जणू महासागरातील एक थेंब, असेच तुम्हाला वाटेल. पण ऱ्हेनिअमबाबत हे प्रमाण



अतिप्रचंड समजले जाते. कारण, पृथ्वीच्या कवचात या मूलद्रव्याचे एकूण प्रमाण यापेक्षाही हजारो पटींनी कमी आहे. ऱ्हेनिअमपेक्षाही कमी प्रमाणात सापडणारी मूलद्रव्ये फारच थोडी आहेत.

समजा, रासायनिक मूलद्रव्यांचा एक पिरॅमिड तयार करून तळभागी विपुल प्रमाणात विखुरलेली मूलद्रव्ये ठेवली आणि त्यावर कमी प्रमाणात सापडणारी मूलद्रव्ये रचली तर पिरॅमिडच्या अगदी अग्रभागी ऱ्हेनिअम ठेवावे लागेल.

अकादमिशिअन फर्समान यांच्या म्हणण्यानुसार पृथ्वीच्या केंद्रबिंदूकडे ऱ्हेनिअमला फार "ओढ" आहे. भविष्यकाळात भूस्तरशास्त्रज्ञ पृथ्वीच्या अति-खोल भागात पोचतील तेव्हा त्यांना ऱ्हेनिअमचे भरपूर साठे सापडतील.

१९३० मध्ये ऱ्हेनिअमचे जागतिक उत्पादन... फक्त ३ ग्रॅम होते. एक ग्रॅम ऱ्हेनिअमची किंमत ४०,००० मार्क एवढी प्रचंड होती. दहा वर्षानंतर मात्र एकटचा जर्मनीमध्येच २०० कि. ग्रॅ. ऱ्हेनिअमचे उत्पादन झाले.

ऱ्हेनिअमच्या अद्वितीय गुणधर्मांमुळे अनेक देशांमध्ये ऱ्हेनिअममधील स्वारस्य वाढतच राहिले. ऱ्हेनिअम एक अतिशय जड धातू असून लोखंडापेक्षा तीनपट जड आहे. घनतेमध्ये फक्त ऑस्मिअम, इरिडिअम आणि प्लॅटिनम हे धातूच त्याच्यापेक्षा वरचढ ठरतात. ऱ्हेनिअमची उष्णतारोधकता (विलय बिंदू: ३१८०° सें. ग्रे.) अत्युच्च असून ती टंगस्टनच्या खालोखाल आहे. त्याचा उत्कलनबिंदू इतका जास्त आहे की तो अजूनही अचूकपणे ठरविता आलेला नाही. तो ६०००° सें. ग्रे. च्या जवळपास असावा (फक्त टंगस्टनचा उत्कलन बिंदू इतका जास्त आहे). ऱ्हेनिअम उत्कृष्ट विद्युतरोधक सुद्धा आहे.

ऱ्हेनिअमचे रासायनिक गुणधर्म सुद्धा फारच लक्षवेधक आहेत. इतर कोणतेही मूलद्रव्य आठ ऑक्साइड संयुगे तयार करत नाही. या "अष्टकां"-मधील ऱ्हेनिअमची संयुजा १ पासून ८ पर्यंत असते. ऱ्हेनिअम हा एकच धातू असा आहे की ऋणप्रभार असलेले एक-संयुजी आयॉन तो तयार करू शकतो.

हवेच्या संपर्कात ऱ्हेनिअम स्थायी राहते व कित्येक वर्षे त्यावरील चकाकी कायम राहू शकते. या गुणधर्मांबाबत ते सोने, प्लॅटिनम आणि इतर राजस धातूंशी बरोबरी करते. त्याची क्षरण-विरोधी क्षमता उच्च दर्जाची आहे.

फ्लुओरिक, हायड्रोक्लोरीक, सल्फुरिक आणि नायट्रिक या जहाल आम्लांपैकी फक्त नायट्रिक आम्लाचाच त्यावर परिणाम होऊ शकतो.

ऱ्हेनिअमच्या मौल्यवान गुणधर्मांमुळे उद्योगधंद्यात साहजिकच त्याचा विविध प्रकारे वापर होतो. आम्ल-विरोधी आणि उष्णता-विरोधी मिश्रधातू विकसित करण्यात त्याची महत्त्वाची भूमिका आहे. बांधकामविषयक साहित्याला विसाव्या शतकातील तंत्रविज्ञानात फार मागणी आहे. काही वेळा तर ठराविक वैशिष्ट्ये असलेला मिश्रधातू तयार करण्याकरता वर्षानुवर्षे खर्च करावी लागतात.

पण ऱ्हेनिअममुळे या क्षेत्रात शास्त्रज्ञांनी झपाट्याने प्रगती केली आहे. विशेषत: रचनाकारांना, टंगस्टन आणि टँटलमच्या ऱ्हेनिअम बरोबरील उष्णता-विरोधी मिश्रधातूंबद्दल फारच 'आदर' आहे. हे मिश्रधातू ३०००° सें. ग्रे. तपमानात सुद्धा यंत्रशास्त्रीय गुणधर्म टिकवून धरतात.

टंगस्टन आणि मॉलिब्डेनमवर ऱ्हेनिअमचा प्रभाव फारच मोठा ठरतो. या प्रभावाला ऱ्हेनिअम – परिणाम म्हणतात. या परिणामाबद्दल धातूशास्त्रज्ञांना फारच स्वारस्य निर्माण झाले आहे. टंगस्टन आणि मॉलिब्डेनम या धातूंचा विलय बिंदू उच्च आहे. त्यांच्यामध्ये बरेचसे वजन सहन करण्याची क्षमता असली तरी सर्वसाधारण स्थितीमध्ये ते ठिसूळ असतात (थोडेसे गोठलेल्या द्रवाचा उल्लेख करावयास नको.) व आघात होताच त्यांचे तुकडे होतात. पण ऱ्हेनिअमबरोबर मिश्रधातूंच्या स्वरूपात ते अतिशय कठीण होऊन कमी तपमानावर सुद्धा त्यांची तंतुक्षमता कायम राहते.

ऱ्हेनिअम-परिणामाचे स्वरूप अद्यापी स्पष्ट झालेले नाही. हे धातू हायड्रोजनबरोबर निरनिराळ्या प्रकारे संयोग पावतात. उत्पादनाची प्रक्रिया सुरू असतानाच टंगस्टन आणि मॉलिब्डेनमला कधी कधी हायड्रोजनचा "संसर्ग" होतो हे खरे आहे. या धातूंमध्ये हायड्रोजन विरघळत नसल्यामुळे धातूच्या कणावर तो अतिशय पातळ असे कार्बाइडचे आवरण तयार करतो. म्हणून हे धातू ठिसूळ होतात. परंतु मॉलिब्डेनम किंवा टंगस्टनमध्ये ऱ्हेनिअम मिसळले असता हे धातू तंतुक्षम होतात. त्यातील हायड्रोजन काढून टाकून त्याचे घनद्रवात रूपांतर होते. तेथे ते धोकादायक ठरत नाही. म्हणूनच, टंगस्टनच्या ऱ्हेनिअम आणि मॉलिब्डेनम बरोबरील मिश्रधातूपासून तयार केलेला पत्ता अथवा तार मानवी केसांच्या जाडीपेक्षा बारीक असू शकतो.

ऱ्हेनिअम आणि मॉलिब्डेनमचा मिश्रधातू पिळांकरता व अतिशय अचूक नाविक उपकरणांमधील पुष्कळ पातळ पण विश्वास बसणार नाही इतके ताकदवान तंतु तयार करण्यासाठी वापरतात. या मिश्रधातूमध्ये इतकी जबरदस्त ताकद असते की एक मिलीमिटर व्यास असलेली तार शेकडो कि. ग्रॅ. वजन सहन करू शकते.

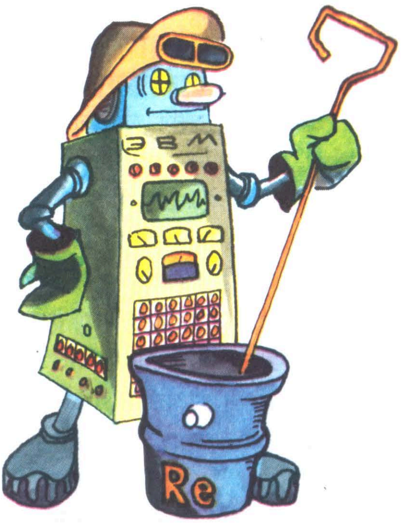
आजच्या तांत्रिक युगात विद्युत उपकरणे आणि सामग्रीशी सारखा संबंध

येत असतो. या सर्व विद्युत-साहित्यात अगणित बटने, संपर्कस्थाने, फ्यूज इत्यादी असतात. हे साहित्य तयार करण्यासाठी योग्य पदार्थ विकसित करण्याच्या दृष्टीने सतत संशोधन सुरू असते.

बटन दाबल्यावर कधी कधी छोटीशी ठिणगी आपल्याला दिसते. ही ठिणगी धोकादायक नसते असे मुळीच समजू नका. कधी कधी त्यामुळे विद्युत-संपर्क तुटतो व विद्युत-पुरवठ्यात अडथळा येतो. विद्युत-पुरवठ्यातील अगणित
संपर्क तुटतो व विद्युत-पुरवठ्यात अडथळा येतो. विद्युत-पुरवठ्यातील अगणित
फार कठीण नाही. हे संपर्क बिंदू जेव्हा उच्च तपमान किंवा दमट हवामानात कार्यरत असतात तेव्हा त्यांच्या ताकतीचा प्रश्न महत्त्वाचा ठरतो. अशा प्रकारच्या हवामानात बिघाड होण्याची शक्यता अधिक असते. संपर्कांसाठी अतिशय उच्च उष्णता-विरोधी आणि ताकदवान साहित्याचा शोध शास्त्रज्ञांनी मुळीच थांबविलेला नाही. या कामासाठी टंगस्टन हा धातू आजपर्यंत उत्कृष्ट समजला जात होता. ऱ्हेनिअमचे खास गुणधर्म ठाऊक झाल्यावर हा धातू टंगस्टनपेक्षाही उत्कृष्ट असल्याचे स्पष्ट झाले. उदाहरणार्थ, कंपनस्थितीमध्ये, किंवा उष्णकटीबंधीय वातावरणात टंगस्टनचे संपर्क बिघाड न होता फक्त काही दिवसच तग धरू शकतात. या स्थितीमध्ये ऱ्हेनिअमचे संपर्क काही महिने अथवा वर्षे काम देतात.

पण विद्युत-अभियांत्रिकीमधील गरज पूर्ण होईल इतके ऱ्हेनिअम तयार होऊ शकेल? अनुभवांवरून असे दिसून आले आहे की, विद्युत-संपर्क शुद्ध ऱ्हेनिअमपासूनच तयार केले पाहिजेत असे नाही. टंगस्टनमध्ये थोडेसे ऱ्हेनिअम मिसळले तरीसुद्धा शुद्ध ऱ्हेनिअमचे सर्व फायदे मिळतात व ते फारसे महाग सुद्धा नाही. हजारो विद्युत-संपर्क तयार करण्यासाठी केवळ एक किलोग्रॅम ऱ्हेनिअम पुरेसे आहे.

सोविएत संघामध्ये तयार केलेला टंगस्टन आणि ऱ्हेनिअमचा एक मिश्र-धातू पन्नास प्रकारच्या निर्वात इलेक्ट्रॉनिक उपकरणांत वापरला जांतो. कॅथोडकिरण नलिकात, कॅथोड-जुळ-ण्यांमध्ये हा धातू वापरल्यास कॅथोड-नलिकांचे आयुष्य १६००० तासांपर्यंत वाढते. म्हणजेच ज्या दूरचित्रवाणी संचांमध्ये या नलिकांचा वापर केला आहे असा संच दिवसभरात चार तास सुरू ठेवला तरी १२ वर्षांपर्यंत सेवा देईल.



निओबिअम, निकेल, क्रोमिअम आणि पॅलॅडिअमबरोबरील ऱ्हेनिअमच्या मिश्रधातूंमध्ये वैशिष्ट्यपूर्ण गुणधर्म असतात. क्रोमिअम-निकेल मिश्रधातूंमध्ये थोडेसे जरी ऱ्हेनिअम मिसळले तरी त्याचा विलय बिंदू २००-२५०° सें. ग्रे. ने वाढतो.

ऱ्हेनिअमच्या उपयोगांची यादी लांबलचक आहे. वितळलेल्या पोलादाच्या क्रियेविरुद्ध यशस्वीपणे टिकाव धरू शकणाऱ्या संवेदनशील तापयुग्मापासून फाऊंटनपेनच्या निबेपर्यंत, तसेच विविध उपकरणांमधील झीज-विरोधी भाग तयार करण्यासाठी ऱ्हेनिअमचा उपयोग होतो.

ऱ्हेनिअमच्या इतर मिश्रधातूंची संख्या सतत वाढतच आहे. मिश्रधातू तयार करण्यासाठी कॉम्प्युटरची मदत सध्या घेतली जात आहे. ऱ्हेनिअमचे द्वि-अंगी मिश्रधातू कॉम्प्युटरनी केव्हाच सुचविले आहेत.

क्षरणाशी मुकाबला करण्याचे अनेक मार्ग आहेत. क्रोमिअम, निकेल आणि जस्ताचा लेप देण्याची प्रथा बऱ्याच वर्षांपासून सुरू आहे. अलीकडेच ऱ्हेनिअमचा लेप देण्याची पद्धत सुरू करण्यात आली आहे. आम्ल, अल्क, समुद्र-जल, सल्फरयुक्त संयुगे आणि इतर पदार्थांपासून धातूंचे संरक्षण करण्यासाठी ही पद्धत सर्वोत्कृष्ट आहे. हायड्रोक्लोरिक आम्लाची वाहतूक करण्यासाठी ऱ्हेनिअमचा थर दिलेल्या पोलादी टाक्या वापरतात.

ऱ्हेनिअमच्या आवरणामुळे तापदीप्त दिव्यांचे आणि इलेक्ट्रॉन-नलिकांमधील तंतूचे आयुष्य कितीतरी पटींनी वाढते. निर्वातीकरण करताना बल्बमधील उरलासुरला ऑक्सिजन आणि पाण्याची वाफ पूर्णपणे काढून टाकणे शक्य नसते. वायूने भरलेल्या बल्बबाबत सुद्धा हे खरे आहे. टंगस्टनच्या तंतूवर

ऱ्हेनिअमचा थर दिल्यास ऑक्सिजन आणि वाफेचा त्यावर कोणताच वाईट परिणाम होत नाही. यावर फारसा खर्चही येत नाही: शेकडो मीटर लांबीच्या टंगस्टन तंतूवर थर देण्यास एक ग्रॅम ऱ्हेनिअम पुरेसे आहे.

उत्प्रेरक म्हणून ऱ्हेनिअमचा उपयोग नवीन असला तरी महत्त्वाचा ठरला आहे. अमोनिआ आणि मिथेनच्या ऑक्सिडीकरणात, इथिलीनपासून इथेनचे उत्पादन, अल्कोहोलपासून किटोन आणि अल्डिहाइडचे उत्पादन, तेल-भंजन इत्यादी प्रक्रियांमध्ये ऱ्हेनिअम आणि त्याचे अनेक मिश्रधातू व संयुगे (ऑक्साइड, सल्फाइड आणि परऱ्हेनेट) उत्कृष्ट उत्प्रेरक म्हणून उपयोगी असल्याचे सिद्ध झाले आहे. ऱ्हेनिअमच्या चूर्णामध्ये हायड्रोजन व इतर वायू शोषून घेण्याची उत्कृष्ट क्षमता असल्यामुळे ते एक होतकरू उत्प्रेरक ठरले आहे. तज्ज्ञांच्या अंदाजानुसार पुढील काही वर्षांत ऱ्हेनिअमच्या एकूण जागतिक उत्पादनापैकी जवळजवळ निम्मे उत्पादन "उत्प्रेरक" म्हणूनच वापरले जाईल. परंतु ऱ्हेनि-अमची दुर्मिळता आणि निसर्गात विखुरलेल्या अवस्थेत ते सापडत असल्यामुळे त्याच्या बहुविध उपयोगांवर बंधने येतात. पृथ्वीच्या कवचामध्ये ऱ्हेनिअमपेक्षा सोने पाच पट, रूपे १०० पट, टंगस्टन १००० पट, मँगनीज १० लक्ष पट तर लोखंड ५० दशलक्ष पट अधिक सापडते. ऱ्हेनिअमचे साठे अजूनपर्यंत कोठेच सापडलेले नाहीत. जेझकाझगानाइट (कझाकस्तानमधील जेझकाझगान शहराजवळ सापडलेले) हे ऱ्हेनिअमचे एकमेव खनिज आहे. सर्वसाधारण नियम म्हणजे मॉलिब्डेनाइट (१.८८ टक्क्यांपर्यंत), कोलंबाइट, पायराइट आणि इतर खनिजांमध्ये भेसळीच्या स्वरूपात ऱ्हेनिअम आढळते. अर्थात या खनिजांमध्ये, ऱ्हेनिअमचे प्रमाण प्रत्येक टनामध्ये काही मिलीग्रॅम अथवा ग्रॅम इतकेच असते. एक ग्रॅम शुद्ध ऱ्हेनिअम मिळविण्यासाठी नोडॅक दांपत्याला नॉर्वेमध्ये सापडलेल्या ६०० कि. ग्रॅ. मॉलिब्डेनाइट वर प्रक्रिया करावी लागली हे साहजिकच म्हटले पाहिजे. तज्ज्ञांच्या मतानुसार, भांडवलशाही देशांमधील एकूण खनिज साठ्यां-मध्ये ऱ्हेनिअमचे प्रमाण फक्त १००० टन आहे.

साहजिकच, सोन्यापेक्षा ऱ्हेनिअमची किंमत प्रचंड आहे. तरीसुद्धा त्याची मागणी वाढतच आहे. विशेषत: गेल्या काही वर्षात अवकाश-यानाची रचना करणाऱ्या तज्ज्ञांचे लक्ष ऱ्हेनिअमने वेधले आहे.

अगदी आजपर्यंत, सोविएत संघामध्ये तांबे आणि मॉलिब्डेनम धातुकांपासून ऱ्हेनिअमचे निष्कर्षण करण्यात येत होते. आठव्या दशकाच्या अखेरीस, कझाक शास्त्र अकादमीच्या धातू-शास्त्रीय आणि शुद्धीकरण संस्थेच्या कर्मचाऱ्यांनी शिशाच्या अर्ध-उत्पादनापासून हा धातू मिळविण्याची पद्धत विकसित केली. ही पद्धत आयॉन-विनिमय तत्त्वावर आधारित असून त्यापासून अतिशुद्ध धातू मिळतो.

१९६० मध्ये सोविएत शास्त्र अकादमीच्या बैकोव्ह धातू-शास्त्रीय संस्थेमध्ये

एक लक्षणीय घटना घडली: या संस्थेला इदा आणि वॉल्टर नोडॅक यांनी भेट दिली. जागतिक प्रसिद्धी मिळालेल्या संस्थेला परदेशी पाहुण्यांनी भेट देण्यात विशेष काहीच नव्हते. पण, ऱ्हेनिअमचा शोध लावणाऱ्या नोडॅक दांपत्याच्या भेटीला मात्र खास महत्त्व होते. हे दोन्ही शास्त्रज्ञ केवळ उत्सुकते-पोटी येथे आले नव्हते. सोविएत शास्त्र अकादमीचे संलग्न सभासद वाय. एम. सवित्सस्की यांच्या मार्गदर्शनाखाली "लबोरेटरी ऑफ रेअर-अर्थ ॲण्ड हाय मेल्टिंग मेटल्स"मधील कर्मचारी ऱ्हेनिअमचा खास अभ्यास करण्यात अनेक वर्षे गुंतलेले होते. या धातूचा भविष्यकाळ उज्ज्वल आहे असे सुचविणारे अनेक निष्कर्ष त्यांना मिळाले होते.

Os

राजस धातूचा अपमान
(ऑस्मिअम)

ट्रिफिली अथवा व्हॅराखासी ? – दुखावलेल्या भावना – शोध सुरू आहे – भव्य आरंभ – क्लोरिन आणि कुजणारा मुळा – तीन यशस्वी वीर – प्रत्येकजण योग्य स्थानी – शंकास्पद फायदा – किंमत किती ? – कौतुकास्पद टणकपणा – निरंतरतेचे रहस्य – वेगळे न करता येणारे दोन – जबाबदारी – तसदी घेण्यास योग्य – खूप मागणी – सात भावंडे – वेचक माल – विष ! – पाण्याच्या पेल्यात – गोंधळ दूर करण्याची योग्य वेळ – रोजगारीची समस्या – धातूला पकडले

गोगोल या रशियन लेखकाच्या "अंगरखा" नामक एका कादंबरीतील परिच्छेद उद्‌धृत करून ऑस्मिअमच्या कथेची सुरुवात करूया : "माझी स्मरणशक्ती तल्लख आहे असे गृहीत धरून मी सांगतो की अकाकी अकाकियेविच २३ मार्चच्या रात्री जन्माला आला ... या बालकाचे नाव मोकिय, सोसिय किंवा हुतात्मा खोजडंगट ठेवावे असे त्याच्या आईला सुचविण्यात आले होते. "ही तर सर्व चमत्कारिक नावे आहेत", आई म्हणाली. तिचे समाधान करण्यासाठी तिला आणखी एक यादी दाखविण्यात आली. पण या वेळी सुचविण्यात आलेली तीन नावे सुद्धा अपरिचित होती – ट्रिफिली, दुला आणि व्हॅराखासी. "हे बंधू!" ती माता म्हणाली, "किती विचित्र नावे आहेत!" मी ही नावे कधीच ऐकली नाहीत. वारादत किंवा वारुख ही नावे एकवेळ चालतील पण ट्रिफिली आणि व्हॅराखासी नकोच." अजून एक पान उलटण्यात आले. यावेळी पॅवसिकॅकी आणि व्हॅरवतिसी ही नावे आली. माता म्हणाली, 'या अजाण बालकाचे नशीब इतके खराब आहे तर. तर मग वडिलांच्याच नावावरून त्याला ओळखा.' त्याच्या वडिलांचे नाव अकाकी होते व मुलाचे नाव सुद्धा अकाकी ठेवले गेले.

१८०४ मध्ये ब्रिटिश रसायनज्ञ टेनंट याने शोधलेल्या दोन मूलद्रव्यांपैकी ऑस्मिअम या मूलद्रव्याला नाव देण्याबाबत त्याने किती वेळ खर्च केला ते सांगता येणार नाही. पण गोगोलच्या कथेतील नायकाइतकेच ऑस्मिअम सुद्धा दुर्दैवी ठरले. ज्या ग्रीक शब्दापासून ऑस्मिअम हे नाव सुचविण्यात आले त्या शब्दाचा अर्थ "उग्र वास" असा होतो. अकाकी हा रशियन शब्द सुद्धा "वासा"बरोबरच निगडित आहे.

अशा या विचित्र नावामुळे राजस धातूचा योग्य मान मुळीच राखला जाणार नाही हे तुम्ही मान्य करालच (प्लॅटिनम समूहातील ऑस्मिअम हा एक राजस धातू आहे). ऑस्मिअमच्या अगदी जवळच्या नातेवाईकांची मनमोहक नावे पाहिली तर हा अपमान जास्तच बोचतो: पॅलेस अँथेनाच्या सन्मानार्थ पॅलॅडिअम, 'इंद्रधनुष्य' असा अर्थ असणाऱ्या ग्रीक शब्दावरून इरिडिअम, गुलाबपुष्पावरून ऱ्होडिअम, तर रशियाच्या लॅटिन नावावरून रुदेनिअम ही ती नावे आहेत.

टेनंट, त्याच्या धर्म-पुत्राबाबत एवढा कठोर का होता याची कारणे शोधण्याअगोदर ऑस्मिअमचा शोध लागण्यापूर्वी ज्या घटना घडल्या त्याचा परामर्श घेऊ.

१८०४ मध्ये, प्रख्यात ब्रिटिश रसायनज्ञ विल्यम वोलस्टन याने शास्त्रीय जगाला गोंधळात टाकण्याचे उद्योग बंद केले असतानाच, (सविस्तर माहितीसाठी पॅलॅडिअमवरील प्रकरण पहा) आजपर्यंत माहीत नसलेले पॅलॅडिअम व ऱ्होडिअम हे धातू कच्च्या प्लॅटिनममध्ये मिळाल्याचे रॉयल सोसायटीच्या बैठकीत सांगितले गेले. हे दोन्ही धातू प्लॅटिनमच्या ज्या भागात सापडले होते, तो भाग आम्लराजात विरघळला. त्यापासून एक अद्रावणीय अवक्षेप मिळाला. या अवक्षेपाने एखाद्या चुंबकाप्रमाणे सर्व रसायनज्ञांना आकर्षित केले. त्या अवक्षेपात कोणते तरी अज्ञात मूलद्रव्य असावे असा सार्थ संशय त्यांना आला होता.

सत्य परिस्थितीच्या जवळपास पोहोचणाऱ्यांमध्ये फ्रेंच रसायनज्ञ डेसकॉटिलस, फोरक्रॉय आणि व्हेक्वेलिन हे होते. त्यांना असे आढळून आले की कच्चे प्लॅटिनम आम्लराजात विरघळल्यानंतर त्यातून काळा धूर बाहेर पडला. जो गाळ अद्रावणीय राहिला, तो पोटॅशिअम हायड्रॉक्साइडबरोबर वितळविला असता द्रावणीय संयुग मिळाले. फोरक्रॉय आणि व्हेक्वेलिन यांनी असे सुचविले की, काळ्या धुराच्या रूपाने अज्ञात मूलद्रव्याचे बाष्पीभवन झाले व उर्वरित गाळ द्रावणात विरघळला नाही. या मूलद्रव्याला त्यांनी लगेच "टेन" (ग्रीकमधील टेरॉन या शब्दाचा अर्थ पंख असा होतो) असे नाव दिले.

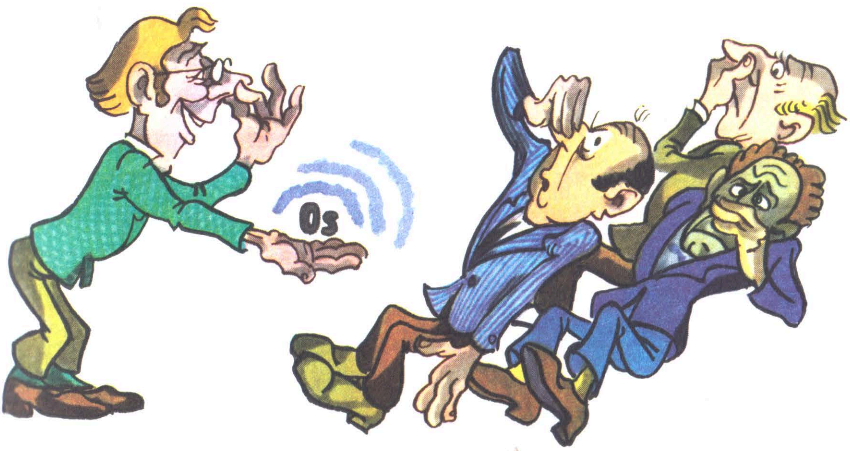
परंतु हे नाव थोडेच दिवस टिकले. लवकरच, टेनंटने या मूलद्रव्याचे विभाजन करून ते दोन घटक असलेला मिश्रधातू असल्याचे सिद्ध केले. त्यापैकी एका घटकाला त्याने इरिडिअम हे नाव दिले कारण त्याचे क्षार अनेकरंगी होते. दुसऱ्या घटकाला ऑस्मिअम नाव दिले. हा घटक आम्ल किंवा पाण्यात विरघळला असता त्यापासून मिळालेल्या पदार्थाची–ऑस्मरिडिअमची – अल्कारेजीया बरोबर अभिक्रिया केल्यावर त्याला क्लोरिन सारखा किंवा कुजलेल्या मुळ्यासारखा उग्र वास येतो. खुद्द धातूला सुद्धा असाच वास येत असल्याचे नंतर लक्षात आले. फक्त त्याची उग्रता कमी असते. चूर्ण केलेले ऑस्मिअम उघडे

ठेवले असता त्याचे ऑक्सिडीकरण होऊन "सुवासिक" अशा टेट्राक्साइडमध्ये रूपांतर झाले.

ऑस्मिअम हा करडया-पांढऱ्या रंगाचा धातू असून उच्च कुळाशी संबंधित असल्याचा त्याचा दावा आहे. आवर्ती कोष्टकाकडे नजर टाकताच प्लॅटिनम समूह उजव्या कोपऱ्यात असल्याचे लगेच लक्षात येते. दोन त्रिकूटांचा त्यामध्ये समावेश आहे–वरच्या पहिल्या त्रिकूटात रुदेनिअम, ऱ्होडिअम आणि पॅलॅ-डिअम हे हलके प्लॅटिनम धातू आहेत (सर्व कसे सापेक्ष आहे पहा: या त्रिकूटाम-धील कोणताही धातू लोखंडापेक्षा ५० टक्के जड आहे). दुसऱ्या गटात जास्त वजन गटातील स्पर्धक आहेत; ऑस्मिअम, इरिडिअम आणि प्लॅटिनम. या धातूंचे वाढते अणूभार लक्षात घेता त्यांचा क्रम प्लॅटिनम–इरिडिअम–ऑस्मिअम–पाहिजे असा शास्त्रज्ञांचा ठाम विश्वास होता. मेंदेलेयेव जेव्हा आवर्ती कोष्टक तयार करीत होता तेव्हा अनेक मूलद्रव्यांचे अणूभार त्याला पडताळून पहावे लागले व पुन:पुन्हा तपासावे लागले. हे काम बरेच मोठे असल्याने त्याने दोन रसायनज्ञांची मदत घेतली. यापैकी एका महिला रसायन-ज्ञाचे नाव वाय. व्ही. लेर्मोनतोवा असे होते. प्रसिद्ध रशियन कवी मिखाइल लेर्मोनतोव यांची ती नातेवाईक होती. प्लॅटिनम, इरिडिअम आणि ऑस्मिअमचे अणूभार पडताळून पाहण्याचे काम तिच्याकडे सोपविण्यात आले. या मूलद्रव्यांच्या अणूभाराबद्दल मेंदेलेयेवला शंका होती. या मूलद्रव्यांपैकी ऑस्मिअमचा अणूभार सर्वात कमी असून प्लॅटिनमचा अणूभार सर्वाधिक असावा असे त्याचे मत होते. लेर्मोनतोवा ही एक अतिशय कार्यक्षम रसायनज्ञ होती. तिने अनेक प्रयोग करून मेंदेलेयेवच्या मताला दुजोरा दिला. त्यानंतर मात्र प्रत्येक मूलद्रव्याला आवर्ती कोष्टकात योग्य स्थानी बसविण्यात आले.

ऑस्मिअमची घनता तर २२.५ ग्रॅम/सें. मी^{3}. इतकी प्रचंड आहे. ऑस्मिअमचा एखादा ठोकळा तोलण्यास लिथिअमचे त्याच आकाराचे चाळीस ठोकळे लागतील. लिथिअम म्हणजे ऑस्मिअमचे जणू प्रतिविष आहे. ऑ-स्मिअमच्या पावडरने भरलेली एक छोटीशी बाटली पाण्याने भरलेल्या बादलीपेक्षा जड असते. मात्र, ऑस्मिअमच्या उच्च घनतेचा जवळजवळ काहीच उपयोग होत नाही. उच्च विलय बिंदू, कठीणता, ताकद आणि इतर महत्त्वाच्या गुणधर्मांचा जसा भरपूर उपयोग करून घेण्यात येतो तसा उपयोग उच्च घनतेचा होत नाही. माणसांबाबत सुद्धा नेमके हेच आहे: ताकदवान, द्रुत आणि चपळ माणसांविषयी कौतुक वाटते. पण, नुसते जास्त वजन अथवा जास्त उंची असलेल्या व्यक्तींकडे संशयानेच पाहिले जाते.

असे असले तरी ऑस्मिअमजवळ काही "व्यापारी" गुण असून ते आदरास पात्र ठरले आहेत. राजस धातूंमध्ये ऑस्मिअमचा राजसपणा कमी असला तरी ते सर्वात महाग आहे. (चूर्णरूप ऑस्मिअमचे घरातील तपमानातसुद्धा



सहज ऑक्सिडीकरण होते हे आपणास ठाऊक आहेच. या उलट त्याचे "नातेवाईक" मात्र रासायनिकदृष्ट्या खूपच स्थायी असतात). १९६६ मध्ये जागतिक बाजारपेठेत प्लॅटिनम, इरिडिअम आणि ऑस्मिअमची किंमत सोन्यापेक्षा अनुक्रमे ४.३, ५.३ व ७.५ पट अधिक होती. याचा दोष निसर्गाकडेच जातो. ऑस्मिअमचे साठे तयार करण्यात निसर्ग कुचकामी ठरला. शिवाय, या मूलद्रव्याचे जे सूक्ष्म कण विखुरलेले आहेत ते लपविण्याचा प्रयत्न सुद्धा निसर्गाने केला (पृथ्वीच्या कवचातील त्याचे प्रमाण $५.१०^{६}$ आहे). या कणांना अलग करणे म्हणजे एक अव्यापारेषु व्यापार आहे. इतर धातूंचे जागतिक उत्पादन कित्येक हजार अथवा दशलक्ष टनांमध्ये मोजले जाते, तर ऑस्मिअम मात्र किलोग्रॅममध्ये मोजावे लागते.

ऑस्मिअमचा आणखी एक चांगला गुणधर्म म्हणजे कठीणता. याबाबत फारच थोडे धातू ऑस्मिअमशी बरोबरी करतील. म्हणूनच, झीज विरोधी मिश्रधातू तयार करताना ऑस्मिअमचा आवर्जून समावेश केला जातो. सोन्याची निब असलेले पेन आपण पाहतोच. पण सोने हा काहीसा मृदू धातू आहे. अनेक किलोमीटर लांबीच्या कागदावर पेनने लिहावयाचे असते. कागद अगदी खरखरीत नसला तरी फारच थोडे धातू हा ताण सहन करू शकतात. फौंटन पेनची निब ऑस्मिअम आणि इतर प्लॅटिनाइड मिश्रधातूंपासून – प्रामुख्याने ऑस्मिइरिडिअमपासून – तयार केलेली असल्यामुळेच अधिक चांगली सेवा देऊ शकते. ऑस्मिअमने "शस्त्रसज्ज" केलेली निब निरंतरपणे चालेल असे म्हटल्यास अतिशयोक्ती होणार नाही.

अपवादात्मक कठीणता, उच्च क्षरणविरोधी क्षमता आणि चुंबकीय गुणधर्मांचा आभाव यामुळे ऑस्मिरिडिअम हा मिश्रधातू चुंबकीय सुई, उपकरणे, घडयाळातील अक्ष आणि आस याकरता उत्कृष्ट ठरतो. शस्त्रक्रियेच्या साधनां-

मधील तीक्ष्ण भाग आणि हस्तीदंतावरील शोभेचे कोरीव काम करण्यासाठी वापरल्या जाणाऱ्या हत्यारात ऑस्मिरिडिअमचा अंतर्भाव असतो.

निसर्गामध्ये, ऑस्मिअम आणि इरिडिअमचा अत्यंत स्थायी असा मिश्रधातू तयार होत असला तरी यापैकी कोणताच धातू लगडींच्या स्वरूपात सापडत नाही. ऑस्मिक इरिडिअम आणि इरिडिक ऑस्मिअम ही सर्वसाधारण माहीत असलेली खनिजे असून (त्यांना अनुक्रमे, नेव्हिॲन्स्काइट आणि सिसेरटस्काइट अशी नावे आहेत) त्यांच्यामध्ये अनुक्रमे इरिडिअम व ऑस्मिअमचे प्रमाण वरचढ असते.

कधी कधी ही खनिजे निसर्गतःच सापडतात. पण सहसा, नैसर्गिक प्लॅटिनममध्ये त्यांची वस्ती असते. या खनिजांमधील घटक अलग करण्याची (शुद्धीकरण) पद्धत गुंतागुंतीची असून त्यामध्ये अनेक टप्पे आहेत. त्यापैकी एका टप्प्यामध्ये ऑस्मिारिडिअमचे अवक्षेपण होते. ऑस्मिअम आणि इरिडिअम वेगवेगळे करणे हा या प्रक्रियेतील सर्वात कठीण आणि खर्चिक भाग असावा. पण पुष्कळ वेळा हे धातू अलग करण्याची गरजच भासत नाही. उद्योगधंद्यामध्ये हा मिश्रधातू आहे तसाच वापरतात व शुद्ध ऑस्मिअमपेक्षा तो खूपच स्वस्त पडतो. (मिश्रधातूपासून ऑस्मिअम अलग करण्यासाठी इतक्या रासायनिक प्रक्रिया कराव्या लागतात की त्यांचा इथे नुसता उल्लेख करण्यास सुद्धा जागा अपुरी पडेल. या लांबलचक साखळी-प्रक्रियेतून शेवटी ९९.९ टक्के शुद्ध ऑस्मिअम मिळते.)

कठीणतेबरोबरच ऑस्मिअमचा आणखी एक महत्त्वाचा गुणधर्म म्हणजे उष्णता-विरोधकता. ऑस्मिअमच्या उच्च विलय-बिंदूमुळे (सुमारे ३०००° सें. ग्रे.) सर्व प्लॅटिनमवर्गीय धातूंमध्ये व इतरही बहुतेक सर्व धातूंमध्ये ऑस्मिअमला अग्रक्रम मिळतो. या गुणधर्मामुळेच विजेच्या दिव्याच्या इतिहासात ऑस्मिअमने स्थान पटकाविले. प्रकाशाचा उद्‌गम म्हणून तप्त वायूऐवजी विद्युतशक्ती अधिक फायदेशीर आहे हे सिद्ध होण्यापूर्वीच्या काळात जर्मन शास्त्रज्ञ के. ऑर फॉन वेल्सबाखने तापदीप्त दिव्यातील कार्बन-तंतूऐवजी ऑस्मिअमचा वापर करण्याचे सुचविले होते. त्यानंतर विजेच्या दिव्यांची किंमत तर कमी झालीच, शिवाय त्यांचा प्रकाश एकसारखा व प्रसन्न वाटू लागला. पण हे महत्त्वाचे काम ऑस्मिअमने फार दिवस केले नाही: ऑस्मिअमची जागा कमी दुर्मिळ अशा टॅंटलमने व त्यानंतर लगेच टंगस्टनने घेतली. सर्व उष्णतारोधक साहित्यात टंगस्टन उच्च दर्जाचे असून विद्युत दिव्यामध्ये आजही त्याचा वापर होतो.

आणखी एका क्षेत्रामध्ये ऑस्मिअमच्या उपयोगांची नांदी सुरू होणार होती: हे क्षेत्र म्हणजे अमोनियाचे उत्पादन. १९०८ मध्ये जर्मन रसायनज्ञ हाबर याने अमोनियाच्या उत्पादनाची एक नवीन पद्धत सुचविली. उत्प्रेरकाचा

वापर केल्याशिवाय ही पद्धत प्रत्यक्षात आणणे कठीण होते. या पद्धतीत, अगदी सुरुवातीला जे उत्प्रेरक वापरण्यात आले त्यांचे कार्य उच्च तपमानावर (७००° सें. ग्रे. पेक्षा अधिक) चालत असे. शिवाय, ते कार्यक्षम सुद्धा नव्हते. या उत्प्रेरकांऐवजी इतर चांगले उत्प्रेरक शोधून काढण्याच्या प्रयत्नांना बराच काळ यश मिळाले नाही. कार्लस्रूह (पश्चिम जर्मनी) येथील उच्च तांत्रिक विद्यालयातील शास्त्रज्ञांनी ही समस्या सोडविली. उत्प्रेरक म्हणून चूर्णरूप ऑस्मिअचा वापर करण्याचे त्यांनी सुचविले. (ऑस्मिअम टणक असले

तरी ते तितकेच ठिसूळ सुद्धा आहे व त्याचा सहज चुरा करता येतो हे येथे लक्षात घेतले पाहिजे.) मोठ्या प्रमाणावर प्रयोग केल्यानंतर ऑस्मिअमचे महत्त्व पटले. ऑस्मिअममुळे अभिक्रियेचे तपमान १००° सें. ग्रे. नी कमी झाले व अमोनियाचे उत्पादन बरेच वाढले.

त्यानंतर या कामावरून सुद्धा ऑस्मिअमची हकालपट्टी झाली हे खरे असले तरी (सध्या स्वस्त व कार्यक्षम असणारे लोह उत्प्रेरक म्हणून वापरण्यात येते) ऑस्मिअममुळेच अमोनियाच्या उत्पादनातील एका समस्येला कलाटणी मिळाली. उत्प्रेरक म्हणून ऑस्मिअम आजही वापरण्यात येते. विशेषतः कार्बनी पदार्थांच्या हायड्रोजनकरणात त्यापासून फारच उत्कृष्ट निष्कर्ष मिळतात. म्हणूनच रसायनज्ञांना ऑस्मिअमची खूप गरज भासते. खरे तर, ऑस्मिअमच्या एकूण जागतिक उत्पादनापैकी निम्मे उत्पादन रसायनशास्त्रावरच खर्च होते.

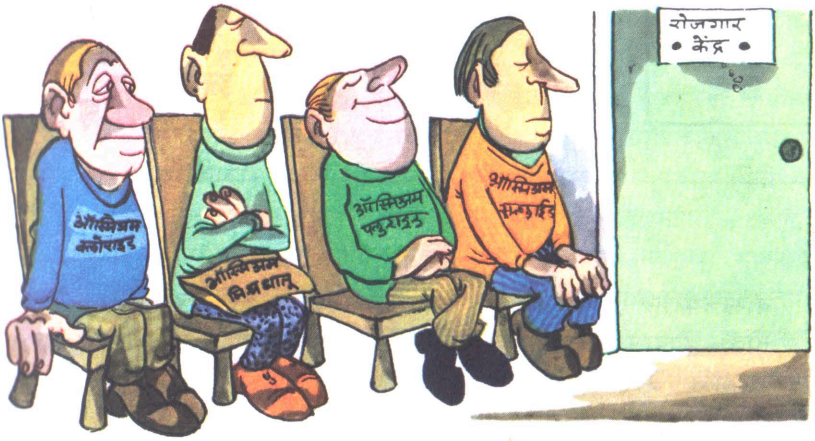
शास्त्रीय संशोधनाकरता ऑस्मिअम एक आकर्षक साधन आहे. नैसर्गिक ऑस्मिअममध्ये सात स्थायी समस्थानिक असून त्यांचे वस्तुमानांक १८४, १८६ ते १९०, आणि १९२ असे आहेत. गंमत अशी की, समस्थानिकाचा वस्तुमानांक जितका कमी तितका तो निसर्गात कमी प्रमाणात आढळतो. ऑस्मिअमच्या एकूण साठ्यांमध्ये सर्वात वजनदार समस्थानिकाचा (ऑस्मिअम-१९२) हिस्सा ४१ टक्के आहे, तर या "सात भावंडांपैकी" सर्वात हलक्या समस्थानिकाचे प्रमाण केवळ ०.०१८ टक्के इतकेच आहे. समस्थानिकांच्या फक्त अणूभारामध्येच काय तो फरक असतो व म्हणूनच त्यांना अलग करणे अवघड जाते. आणि म्हणूनच अगदी अल्प वजनाच्या समस्था-

निकाची किंमत प्रचंड असते. जागतिक बाजारपेठेत एक कि. ग्रॅ. ऑस्मिअम-१८७ ची किंमत १४,०००,००० डॉलर्स आहे. शास्त्रज्ञांनी लेसर शलाकेचा वापर करून समस्थानिक अलग करण्याची पद्धत विकसित केली आहे. या "वेचक" मालाच्या किंमती लवकरच खाली येतील अशी आशा आहे.

इतर प्लॅटिनम वर्गीय धातूंप्रमाणेच ऑस्मिअमसुद्धा बहुसंयुजी आहे. बहुतेक संयुगांमध्ये ऑस्मिअमची संयुजा चार किंवा सहा असते. पण ऑक्सिजनशी जेव्हा ते संयोग पावते तेव्हा सर्व म्हणजेच "आठ संयुजांचा" उपयोग होतो. ऑस्मिअमच्या संयुगांपैकी टेट्रॉक्साइड संयुग (ज्यामुळे ऑस्मिअम हे नाव प्राप्त झाले) व्यापारीदृष्ट्या महत्त्वाचे आहे. काही औषधांच्या उत्पादनात उत्प्रेरक म्हणून त्याचा वापर होतो. प्राणी आणि वनस्पतींच्या ऊतींचे सूक्ष्मदर्शकातून अवलोकन करतेवेळी त्याचा रंगद्रव्य म्हणून उपयोग होतो. ऑस्मिअम टेट्रॉक्साइडचे फिकट पिवळ्या रंगाचे स्फटिक अत्यंत विषारी असून त्वचा, श्लेष्मकला आणि डोळ्यांवर त्याचा वाईट परिणाम होतो.

ऑस्मिअम टेट्रॉक्साईचा एक वैशिष्टयपूर्ण गुणधर्म म्हणजे कार्बनी द्रावणात त्याची द्रावणीयता पाण्यामधील द्रावणीयतेपेक्षा खूप अधिक आहे. एक पेलाभर पाण्यात फक्त १४ ग्रॅम ऑस्मिअम टेट्रॉक्साईड विरघळते, तर तेवढ्याच कार्बन टेट्राक्लोराइडमध्ये ७०० ग्रॅम ऑस्मिअम टेट्रॉक्साइड विरघळते.

सल्फुरिक आम्लाच्या वाफेत ऑस्मिअमचे चूर्ण एखाद्या आगकाडीप्रमाणे पेट घेते व त्यापासून सल्फाइड संयुग मिळते. सर्वभक्षक फ्लुओरीनचा घरातील तपमानात ऑस्मिअमवर काहीच परिणाम होत नाही. पण २५०-३००° सें. ग्रे. तपमानात अनेक फ्लुओराइड संयुगे मिळतात. ऑस्मिअमची फ्लुओराइड संयुगे सर्वप्रथम १९१३ मध्ये मिळाली. त्यांची रासायनिक सूत्रे OsF_5 आणि OsF_6 असावीत असा सर्वसाधारण समज होता. पण १९५८ मध्ये असे आढळून आले की, रासायनिक वाङ्मयात उल्लेख असलेले OsF_8 अस्तित्वातच नसून फक्त OSF_5 आणि OsF_6 ही खरी संयुगे आहेत. नुकतेच, आणखी एक फ्लुओराइड – OsF_7 तयार करण्यात आले असून ते १००° सें. ग्रे.



तपमानावर तापविले असता OsF_6 व फ्लुओरिनमध्ये विघटन पावते.

चिनीमातीच्या भांड्यांवर शोभिवंत नक्षीकाम करण्यासाठी ऑस्मिअम ऑक्साइड वापरतात. ते काळया रंगाचे असते. ऑस्मिअमचे काही क्षार "कोरणारे पदार्थ" म्हणून खनिजशास्त्रात वापरले जातात. तरीपण ऑस्मिअमची विविध संयुगे, जटील पदार्थ, (प्लॅटिनमप्रमाणे ऑस्मिअमसुद्धा जटील संयुगे तयार करतो) मिश्रधातू (ऑस्मिरिडिअम आणि काही प्लॅटिनाइड व टंगस्टन कोबाल्ट यांच्याबरोबरील मिश्रधातू वगळता) अजूनही योग्य काम मिळण्याची वाट पहात आहेत. या संयुगांच्या "बेकारी"चा प्रश्न लवकरच सुटेल आणि त्यांच्या सुप्त गुणांना वाव मिळेल याची खात्री आहे.

Ir

इंद्रधनुष्यातील रंग
(इरिडिअम)

बॅस्टिलवरील वादळानंतर – असह्य परिस्थिती – कसोटीचा क्षण – सेवेची नोंद – हृदयास मदत – उच्चकुलीन – न झेपणारे – इरिडिअमचा अंगरखा – वर्णदीप्त क्षार – टांकसाळीतील उरले-सुरले – चव घेऊ नका – मंत्र्यांची मंजूरी – रशियाच्या सन्मानार्थ – वाईट बातमी – "त्यामुळे मला फार त्रास झाला आहे" – मन:पूर्वक अभिनंदन – इरिडिअमचा अखेरचा क्रमांक – पुलामध्ये काय घडत आहे ?-झोतभट्टीत डोकावणे–क्र. १३, पण सुदैवी– इतिहासात अजरामर

१४ जुलै १७८९ रोजी पॅरिसच्या बंडखोर जनतेने धडाक्याने बॅस्टिल जिंकून फ्रेंच क्रांतीची मुहुर्तमेढ रोवली. राजकीय, सामाजिक आणि अर्थशास्त्रीय स्वरुपाच्या हुकूमानामे आणि ठरावांबरोबरच क्रांतीकारी सरकारने वजने आणि मापे यांच्या मेट्रिक पद्धतीचा स्वीकार करण्याचा निर्णय सुद्धा घेतला. फ्रेंच अकादमीच्या कमिटीने लांबी मोजण्यासाठी मीटर हे एकक ठरविले. पॅरिस मध्यान्हवृत्ताच्या एक चतुर्थांश प्रदेशाच्या एक कोटयांश भागाच्या लांबीइतके हे एकक होते. ही शिफारस करण्यापूर्वी बार्सेलोना-डंकर्क या कंसाचे विस्तृत भूपृष्ठीय सर्वेक्षण करण्यात आले होते. हे सर्वेक्षण पाच वर्षाच्या काळात, प्रसिद्ध फ्रेंच खगोलतज्ज्ञ आणि भूपृष्ठतज्ज्ञ जे. बी. देलाम्ब्रे आणि पी. एफ. मेकेन यांनी केले होते.

१७९७ मध्ये हे काम पूर्ण झाले व त्यानंतर दोन वर्षांनी सर्वात पहिल्या मीटर एककाचे उत्पादन करण्यात आले. हे एकक म्हणजे प्लॅटिनमची पट्टी होती. 'दफ्तरखान्यातील मीटर' या नावाने ती ओळखण्यात येऊ लागली, कारण ती खास सुरक्षा व्यवस्थेत ठेवण्यात आली होती. सेन नदीतील पाण्याच्या एक घन डेसीमीटर वस्तुमानाचे ४° सें. ग्रे. तपमानातील वजन म्हणजे एक कि. ग्रॅ. चे एकक ठरविण्यात आले. एक किलोग्रॅमचे मानक प्लॅटिनमपासून तयार केले होते व दंडगोल आकारातील वजनाच्या स्वरूपात ते होते.

काही वर्षानंतर साहजिकच या एककांचे मूळ नमुने – म्हणजेच पॅरिस मध्यान्हवृत्त व सेन नदीतील पाणी – पुन:पुन्हा तयार करण्यासाठी योग्य नसल्याचे

भाळून आले. तसेच त्यांच्या किंमती सुद्धा स्थिर नव्हत्या. ही स्थिती फार काळ सहन करणे शास्त्रज्ञांना शक्यच नव्हते.

१८७२ मध्ये "इंटरनॅशनल कमिटी ऑन वेटस् अॅण्ड मेजर्स"ने लांबीच्या एककाचा नैसर्गिक मूल नमुना सोडून दिला व मीटर वर आधारित असे मीटरचे एकूण ३१ मानक तयार केले. ही मानके सुद्धा पट्टयांच्या स्वरूपात होती पण ती शुद्ध प्लॅटिनमपासून तयार न करता प्लॅटिनम आणि इरिडिअमच्या (१० %) मिश्रधातूपासून तयार केली होती. सतरा वर्षांनंतर सेन नदीच्या पाण्यावर मुद्धा नशीबाचा घाला पडला. प्लॅटिनम – इरिडिअम मिश्रधातूपासून तयार केलेले वजन किलोग्रॅमचा मूळ नमुना म्हणून पक्के करण्यात आले व त्याच्या ४० अचूक प्रतिकृती किलोग्रॅमचे आंतरराष्ट्रीय मानक समजण्यात आल्या.

मानके तयार करताना मिश्रधातूमध्ये इरिडिअमचा समावेश झाला याला अनेक कारणे आहेत. अपवादात्मकरित्या ताकद आणि दणकटपणा, उष्णता, झीज आणि क्षरणविरोधी क्षमता व वातावरणातील तपमानातील बदलाचा यत्किंचितही परिणाम होत नसल्यामुळे इरिडिअमची निवड झाली. शुद्ध प्लॅटिनम सर्वच अपेक्षा पूर्ण करू शकत नाही. पण, प्लॅटिनम-इरिडिअम मिश्रधातूने गेल्या १०० वर्षांत अनेक कठीण कामे साध्य केली आहेत. "दफ्तरखान्यातील मीटर"ला सक्तीने "राजीनामा" देणे भाग पाडले असले तरी (क्रिप्टॉन-८६ समस्थानिकाने उत्सर्जित केलेल्या नारिंगी रंगाच्या १६५०७६३.७३ तरंगलाबींची लांबी म्हणजे एक मीटर, असे १९६० मध्ये ठरविण्यात आले) किलोग्रॅमचे जगातील प्रमुख मानक मात्र अजून वैध आहे.

मापन विज्ञानाची सेवा हेच केवळ प्लॅटिनम – इरिडिअम मिश्रधातूचे काम नव्हे. जहाल वस्तूंच्या सान्निध्यात आणि अतिशय उच्च तपमानात तग धरू शकणाऱ्या उष्णता-रोधक मुशी तयार करण्यासाठी या मिश्रधातूचा उपयोग होतो (इतर कामांबरोबरच, लेसर साहित्यात लागणारे स्फटिक तयार करण्याकरता सुद्धा या मुशींचा उपयोग होतो). जवाहिऱ्यांचा हा मिश्रधातू आवडता आहे. या मिश्रधातूच्या अजूनही अपूर्ण असलेल्या सेवा-यादीमध्ये रासायनिक उपकरणांचे भाग, अत्यंत अचूक उपकरणे, विद्युत-स्पर्शक, शस्त्रक्रियेची साधने, स्प्रिंग आणि प्रयोगशाळेतील वस्तूंचा समावेश आहे.

हृदरोग्यामध्ये बसविल्या जाणाऱ्या विद्युत-पेसमेकरच्या घटामधील अग्रांकरता प्लॅटिनम-इरिडिअमचे मिश्रधातू बऱ्याच वर्षांपूर्वी वापरले जात असत. पेसमेकरचे विद्युतअग्र रोग्याच्या हृदयात बसविले असतात व ते एका छोट्या रिसिव्हरला (रोग्याच्या शरीरातच) व गोलाकार एरिअल असलेल्या जनित्राला जोडलेले असतात. हे जनित्र रिसिव्हरच्या शेजारी रोग्याच्या शरीरात अथवा अंगरख्याच्या खिशामध्ये ठेवतात. जेव्हा रोग्याला हृदयाचा त्रास होऊ लागतो किंवा श्वास घेण्यात अडथळा होऊ लागतो तेव्हा तो बटन दाबून

हे जनित्र सुरू करतो. जनित्र कार्यवत् होताच ते एरिअलकडे विद्युत-आवेग पाठवू लागते. विद्युत-आवेगांकडून प्राप्त होणाऱ्या विद्युत – ऊर्जेमुळे मज्जातंतू कार्यवत् होतात व हृदयाच्या स्नायूंमध्ये आवश्यक हालचाल होऊन हृदय सुदृढपणे कार्य करू लागते. जनित्राने पाठवलेले विद्युत – आवेग रिसिव्हरद्वारे अग्र व त्यानंतर प्लॅटिनम-इरिडिअम अग्रांमधून हृदय क्रियाशील ठेवणाऱ्या मज्जातंतूकडे जातात. विज्ञानाने आता याही पुढे मजल मारली असून आता रोग्याच्या शरिरामध्ये कृत्रिम हृदय बसवले जाते. परंतु ही शस्त्रक्रिया अत्यंत गुंतागुंतीची असल्यामुळे बहुसंख्य रोग्यांच्या बाबतीत प्लॅटिनम – इरिडिअम अग्रांचा वापर करण्यात आलेल्या विद्युत – पेसमेकरांचा उपयोग केला जातो. वाचकांच्या मनात प्रश्न उद्‌भवेल की अशा पेसमेकरना ऊर्जेचा पुरवठा कसा होईल? पेसमेकर किंवा हृदयाला ऊर्जेचा पुरवठा करण्यासाठी निकेल – कॅडमिअम घटांचा उपयोग करतात. हे घट पेसमेकरमध्ये बसवून हृदरोग्याच्या छातीमध्ये ठेवतात.)

इतर धातूंबरोबरील इरिडिअमच्या मिश्रधातूंचे गुणधर्म सुद्धा मौल्यवान आहेत. यापैकी ऑस्मिरिडिअम हा नैसर्गिक मिश्रधातू असून तो सर्वाधिक वापरला जातो. (अधिक माहिती करता ऑस्मिअमवरील प्रकरण पहा.) टंगस्टन आणि मॉलिब्डेनममध्ये थोडेसे इरिडिअम मिसळले तर उच्च तपमानात सुद्धा त्यांची ताकद कायम राहते. टिटॅनियम आणि क्रोमिअमची आम्ल-

फक्त मिश्रधातूंच्या स्वरूपातच इरिडिअमचे पुष्कळ उपयोग आहेत असा चुकीचा समज वाचकांनी करून घेऊ नये: शुद्ध स्वरूपात सुद्धा इरिडिअम तितकेच उपयोगी आहे. रूपेरी-पांढऱ्या रंगाचा हा धातू केवळ आकर्षक दिसतो विरोधी क्षमता चांगली असते, पण त्यामध्ये इरिडिअम मिसळताच याबाबतीत ते अगदी अपवादात्मक ठरतात.

असे नाही, तर त्याची भौतिक वैशिष्टचे सुद्धा तितकीच ठळक आहेत. इरि-डिअम अतिशय टणक आणि ताकदवान आहे; उच्च तपमान आणि झीज यापासून त्याला धोका संभवत नाही. उच्च घनता (२२.४ ग्रॅ/से, मी.^{3}) हे त्याचे ठळक वैशिष्ट्य असून याबाबत त्याचा नजिकचा शेजारी – ऑस्मिअम नंतर इरिडिअमचाच क्रमांक लागतो. प्लॅटिनम समूहातील इतर धातूंप्रमाणेच इरिडिअम हा राजस धातू असल्यामुळे नेहमीच्या तपमानात अथवा उच्च तपमानात सुद्धा त्यावर आम्लाचा परिणाम होत नाही. आम्लराजासारख्या भयानक हल्लेखोराला तो मुळीच दाद देत नाही. फक्त वितळलेले अल्क आणि सोडिअम परॉक्साइड यांचाच त्यावर परिणाम दिसून येतो.

माध्यमांमध्ये कितीही बदल केले तरी आपले मौल्यवान गुणधर्म शेवट-पर्यंत कायम ठेवणे हे इरिडिअमचे सर्वात प्रमुख वैशिष्टच आहे. त्याची किंमत फार नसती (प्लॅटिनमपेक्षा इरिडिअम फारच महाग आहे) तर विज्ञान

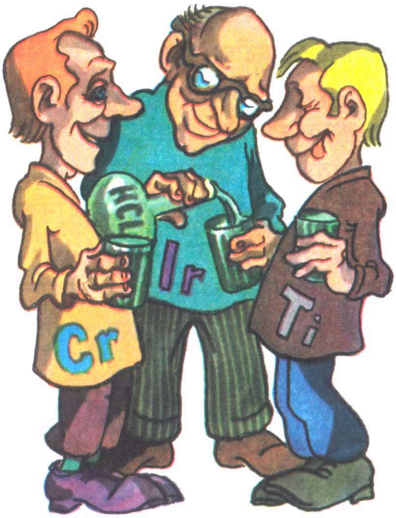
आणि तंत्रविज्ञानाच्या अनेक क्षेत्रात अगदी सढळपणे त्याचा उपयोग झाला असता. परंतु तसे नसल्यामुळे जेथे इरिडिअमला मुळीच पर्याय नाही, त्या क्षेत्रापुरताच त्याचा वापर मर्यादित आहे. उदाहरणार्थ, फ्लुओरिन आणि फ्लुओरिनच्या जहाल संयुगांबरोबर प्रयोग करताना लागणाऱ्या मुशी तयार करण्यासाठी इरिडिअमचाच वापर होतो. उष्णता-रोधक काच तयार करताना वापरायच्या फुंकनळीचे छिद्र इरिडिअमपासूनच तयार केलेले असते. रुदेनिअम आणि ऱ्होडिअमच्या ऱ्हेनिअमबरोबरील मिश्रधातूंप्रमाणेच उच्च तपमान (२०००-३०००° सें. ग्रे.) मोजण्यासाठी जे तापयुग्म वापरतात त्यामध्ये इरिडिअमचा अंतर्भाव असतो. इरिडिअम महाग असल्यामुळे सध्या तरी अशा प्रकारचे तापयुग्म फक्त संशोधनात्मक कार्यासाठीच वापरले जातात.

इरिडिअमची आवरणे अत्यंत टणक असून त्यांना खूपच वाव आहे. प्लॅटिनम, पॅलॅडिअम किंवा ऱ्होडिअमची आवरणे जितकी अधिक प्रमाणात वापरण्यात येतात तितक्या विस्तृतपणे इरिडिअमची आवरणे उपयोगात नाहीत. कारण, इतर धातूंवर इरिडिअमचा लेप देताना अनेक तांत्रिक अडचणींना तोंड द्यावे लागते. ६००° सें. ग्रे. तपमानावर, पोटॅशिअम आणि सोडिअमच्या वितळविलेल्या सायनाइड संयुगांपासून विद्युत-अपघटन पद्धतीने इरिडिअमचे आवरण देण्यात येते. दुसरी पद्धत – क्लॅडिंग – खूपच सोपी आहे. या पद्धतीत प्रथम एखाद्या धातूवर इरिडिअमचा पातळ थर देण्यात येतो व नंतर हा धातू गरम दाब-यंत्राखाली ठेवण्यात येतो. यामुळे इरिडिअमचा लेप धातूवर घट्ट बसतो. इरिडिअमची तार तयार करण्यासाठी हीच पद्धत वापरली जाते. इरिडिअमच्या नलिकेत टंगस्टन किंवा मॉलिब्डेनमची पट्टी सरकविण्यात येते. त्यानंतर गरम स्थितीत घडकाम (फोर्जिंग) व आरेखन (ड्रॉइंग) करून पाहिजे त्या जाडीची द्वि-धातूची तार तयार केली जाते. इलेक्ट्रॉन नलिकांमधील नियमन-ग्रीडसाठी ही तार वापरतात.

इरिडिअमचे आवरण देण्यासाठी रासायनिक पद्धत सुद्धा आहे. प्रथम फेनॉल किंवा तत्सम कार्बनी संयुगामधील इरिडिअम क्षाराच्या द्रावणाचा लेप पदार्थाच्या पृष्ठभागावर देतात. नंतर तो पदार्थ नियंत्रित वातावरणात ३५०°–४००° सें. ग्रे. तपमानापर्यंत तापविला असता कार्बनी पदार्थाचे बाष्पीभवन होऊन पदार्थावर इरिडिअमचे आवरण जमा होते.

शुद्ध इरिडिअम किंवा त्याच्या मिश्रधातूंचा रासायनिक उद्योगात वापर होतो: ॲसिटिलीन आणि मिथेनपासून प्रॉपिलीनचे उत्पादन करतेवेळी इरिडि-अम-निकेल उत्प्रेरकाचा सहभाग असतोच. नायट्रिक ऑक्साईडचे उत्पादन हा नायट्रिक आम्लाच्या निर्मितीतील एक टप्पा आहे. इरिडिअमयुक्त प्लॅटिनम उत्प्रेरकामुळे नायट्रिक ऑक्साइडच्या निर्मितीचा वेग वाढतो.

तेजस्वी रंग असलेले इरिडिअमचे क्षार फारच सुंदर असतात. या मूलद्र-



व्याला इरिडिअम हे नाव मिळवून देण्याव्यतिरिक्त या वैशिष्ट्याचा काहीच व्यावहारिक उपयोग झालेला नाही. १८०४ मध्ये स्मिथसन टेनंटने प्राकृतिक प्लॅटिनम आम्लराजात विरघळल्यानंतर मिळालेल्या गाळामधून दोन नवीन मूलद्रव्यांचा शोध लावला होता हे आपणास ठाऊक आहेच. त्यापैकी एका मूलद्रव्याच्या क्षारामध्ये इंद्रधनुष्यातील सर्व रंग दिसत असल्यामुळे त्या मूलद्रव्याला नाव देण्यावर टेनंटला फार वेळ खर्च करावा लागला नाही. 'वर्णदीप्त' असा अर्थ असणाऱ्या इरिऑडस् या ग्रीक शब्दावरून त्याने मूलद्रव्याला इरिडिअम हे नाव बहाल केले.

प्लॅटिनम-वर्गीय धातूंचे प्रारब्ध एकमेकांत इतके दृढपणे बांधले गेले आहेत की या समूहातील इतर धातूंच्या इतिहासाकडे नजर टाकल्याशिवाय कोणत्याही एका धातूबद्दल सांगताच येत नाही. आधी उल्लेख केल्याप्रमाणे, १८४० मध्ये कझान विद्यापीठातील (रशियन) प्राध्यापक कार्ल क्लॉस यांना उराल भागात सापडणाऱ्या प्लॅटिनम धातुकावर प्रक्रिया करण्याची उत्सुकता निर्माण झाली. त्यांच्या विनंतीवरून सेंट पीटसबर्ग टांकसाळीतून प्लॅटिनम गाळाचे नमुने पाठविण्यात आले. हा गाळ म्हणजे कच्च्या प्लॅटिनमवर आम्लराजाची प्रक्रिया केल्यावर मिळालेला अवक्षेप होता. त्यानी पुढीलप्रमाणे नोंद केली: "कामास सुरुवात करतेवेळीच या गाळामधील मौल्यवान घटकांचे प्रमाण पाहून मी चकितच झालो: त्यामध्ये १० टक्के प्लॅटिनम तर होतेच, शिवाय बऱ्याच प्रमाणात इरिडिअम, ऱ्हेडिअम, ऑस्मिअम, थोड्या प्रमाणात पॅलॅडिअम आणि इतर काही धातूंचे वैशिष्ट्यपूर्ण मिश्रण होते."

सुरुवातीला, क्लॉसच्या मनात एकच उद्दिष्ट होते — प्लॅटिनम धातुकापासून प्लॅटिनम अलग करण्याची एखादी प्रक्रिया शोधणे. पण लवकरच अगदी प्राथमिक स्वरूपाच्या संशोधनात ते पूर्णपणे गुंतले. ते लिहितात, "संपूर्ण दोन वर्षे सकाळपासून रात्रीपर्यंत या कामात मी अगदी मग्न होतो. माझा मुक्काम प्रयोगशाळेतच होता. मी तिथेच जेवणखाण व चहा घेत असे. या विषयात मी एक आश्चर्यकारक आनुभविक म्हणून प्रसिद्ध झालो." क्लॉस यांचा शेवटचा शेरा फारच अर्थपूर्ण आहे. प्रसिद्ध रशियन रसायनज्ञ अलेक्झांडर बतलेरोव हा क्लॉसचा विद्यार्थी होता. त्याच्या मतानुसार "त्याच्या

गुरुला आम्लराजात पाचही बोटे घालून प्लॅटिनम धातुक ढवळण्याची सवय होती. त्यानंतर, ज्या आम्लांची प्लॅंटिनमवर काहीच प्रक्रिया होत नाही अशा आम्लांची तीव्रता तपासण्यासाठी तो चक्क चव घेऊन पहात असे." जुन्या काळातील अनेक रसायनज्ञ कोणत्याही पदार्थाची बिनधास्तपणे चव घेऊन स्वतःचा जीव धोक्यात घालत. (१९ व्या शतकाच्या मध्यापर्यंत कोणत्याही रासायनिक पदार्थाच्या वर्णनात त्याच्या चवीचा उल्लेख हमखास असे.) अशा तऱ्हेनेच हायड्रोसायनिक आम्लाची चव पहात असतानाच प्रसिद्ध स्विडीश रसायनज्ञ कार्ल शिल मरण पावला.

क्लॉस यांच्या प्रयत्नांना अखेर यश लाभले, प्लॅटिनमच्या गाळावर प्रक्रिया करण्याची त्यानी एक पद्धत शोधली. आता सेंट-पीटसबर्गला जाऊन अर्थमंत्र्यांना निष्कर्ष सांगावयाचे होते, कारण या समस्येत स्वतः अर्थमंत्र्यांनी बरीच उत्सुकता दाखविली होती. सेंट पीटसबर्गला जाण्यासाठी मित्राकडून त्यानी ९० रुबल उसने घेतले. (आंतरराष्ट्रीय प्रसिद्धी मिळून खूप वर्षे उलटल्यानंतरच हे पैसे परत करणे त्याना शक्य झाले). रशियाच्या राजधानीत आल्यावर दोन दिवसांनी मंत्र्यांची भेट झाली. मंत्र्यांनी, संशोधनकार्य सुरू रहावे म्हणून अर्धा पौंड प्लॅटिनम-गाळ व पाव पौंड कच्चे प्लॅटिनम मंजूर केले.

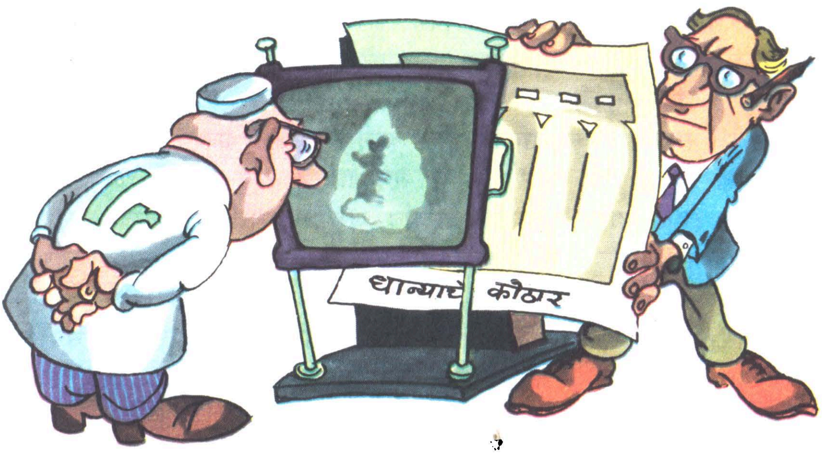
कझानला परत आल्यावर क्लॉसनी काही वर्षांनंतर शानदार यश मिळविले. त्यांच्या संशोधन कार्याचे यश म्हणजे १८४४ मध्ये शेवटच्या अज्ञात मूलद्रव्याचा – प्लॅटिनम समूहातील "रशियन" सभासदाचा – शोध लागला. क्लॉस लिहितात. "प्लॅटिनम गाळामध्ये नवीन पदार्थ असल्याचे माझ्या प्रयोगांच्या सुरुवातीसच आढळले होते. पण हा पदार्थ वेगळा करणे जमले नाही. हा पदार्थ शुद्ध अवस्थेत तयार करण्याची सोपी आणि विश्वसनीय पद्धत विकसित करण्यासाठी एक वर्षभर प्रयोग करावे लागले. या नवीन धातूला पितृभूमीच्या

10*

सन्मानार्थ मी रुदेनिअम असे नाव दिले (रशियाचे लॅटिन नाव – सं.) अनेक उत्सुकतापूर्ण पदार्थांच्या यादीत त्याचा नक्कीच समावेश होईल."

तथापि क्लॉसच्या शोधाला ताबडतोब मान्यता मिळाली नाही. नवीन मूलद्रव्याच्या काही संयुगांचे पहिले नमुने त्यानी बर्झेलिअस (स्टॉकहोम निवासी) कडे पाठविले. त्या काळात रसायनज्ञ बर्झेलिअसला खूप मान देत असत. या पदार्थामध्ये नवीन मूलद्रव्य नसून ते इरिडिअमचे एक अशुद्ध संयुग आहे असे बर्झेलिअसने क्लॉसना कळविले तेव्हा क्लॉसचा केवढा अपेक्षाभंग झाला असेल त्याची कल्पनाच केलेली बरी. आपले निष्कर्ष बरोबर असल्याचा क्लॉसना ठाम विश्वास होता. एकानंतर एक असे अनेक प्रयोग त्यानी केले. कधी कधी तर त्यानी प्राथमिक स्वरूपाची काळजी सुद्धा घेतली होती. उलट काही वर्षानंतर क्लॉसनी आपल्या विद्यार्थ्यांना मात्र बजावले, "ऑस्मिक इरिडिअम हाताळताना ऑस्मिक आम्लाच्या वाफेपासून सावध रहा. हा पदार्थ अतिशय बाष्पनशील असून तो सर्वात धोकादायक आहे. त्यामुळे दाह निर्माण होऊन फुफ्फुसे व हृदयावर वाईट परिणाम होतो. मला त्याचा चांगलाच त्रास झाला आहे." आपण खरोखरच एका नवीन मूलद्रव्याचा शोध लावला आहे हे शास्त्रीय जगाला पटवून देण्याची क्लॉसना इतकी जबरदस्त इच्छा होती, की ते शेवटी यशस्वी झालेच. रुदेनिअमची संयुगे पुन्हा एकदा बर्झेलिअसकडे पाठविण्यात आली. अतिशय काळजीपूर्वक परीक्षण केल्यानंतर शेवटी बर्झेलिअसने चूक कबूल केली. "तुम्ही अत्यंत हुषारीने लावलेल्या शोधाबद्दल व तो सादर करण्याच्या शानदार पद्धतीबद्दल मनःपूर्वक अभिनंदन करतो. या कार्यामुळे रसायनशास्त्राच्या इतिहासात तुमचे नाव कायम स्वरूपात कोरले जाईल." अशा आशयाचे पत्र त्याने क्लॉसना लिहिले.

"उराल भागातील प्लॅटिनम-गाळ आणि रुदेनिअम धातूचा रासायनिक अभ्यास" नामक लेखामध्ये क्लॉसनी आपल्या कार्याचे इतिवृत्त लिहिले. १८४५ मध्ये प्रसिद्ध झालेल्या या लेखात इरिडिअमचे वर्णन सर्वप्रथम प्रसिद्ध झाले. इतर कोणत्याही प्लॅटिनम-वर्गीय धातूपेक्षा इरिडिअमवर अधिक वेळ खर्च केल्याचे क्लॉसनी लेखामध्ये नमूद केले आहे. क्लॉसनी केलेल्या शिफारसींचा



आधार घेऊनच इरिडिअम आणि इतर प्लॅटिनम धातूंच्या उत्पादनामध्ये विकास घडून आला. सध्या, प्राकृतिक ऑस्मिरिडिअम आणि प्लॅटिनम धातुकांच्या गाळावर विविध अभिकारकांच्या प्रक्रिया करून शुद्ध इरिडिअमचे निष्कर्षण करण्यात येते. सुरुवातीस प्लॅटिनम, ऑस्मिअम, पॅलॅडिअम आणि रुदेनिअम अलग करण्यात येतात व त्यानंतरच इरिडिअमचा क्रम लागतो. अभिक्रियेतून मिळालेले चूर्ण प्रथम एकत्र व घट्ट करून नंतर वितळविण्यात येते अथवा ते विद्युत-भट्टीत अरगॉनच्या वातावरणात वितळविण्यात येते. सर्वसाधारण तपमानात इरिडिअम खूपच ठिसूळ असते व त्याचा काहीच उपयोग होऊ शकत नाही. पण, गरम असताना मात्र ते घडविता येते.

इरिडिअम फारच दुर्मिळ आहे: त्याचे नैसर्गिक साठे एक दशलक्षांश टक्के सुद्धा नसतील. सर्व देशांमधील इरिडिअमचे एकत्रित उत्पादन एक टनापेक्षासुद्धा अधिक नाही. पण म्हणून इरिडिअमबाबत शास्त्रज्ञांची उत्सुकता मात्र कमी होत नाही. इरिडिअमच्या किरणोत्सारी समस्थानिकांचा नवनवीन क्षेत्रांमध्ये उपयोग होत आहे. फ्रान्समधील क्वादारॅश अणू-संशोधन केंद्रातील संशोधकांनी अलीकडेच पूल, धरणे आणि इतर प्रबलित कॉंक्रिटमधील बांधकामाच्या स्थितीची तपासणी करण्यासाठी दोष-शोधक (गॅमाट्रॉन) तयार केले आहेत. प्रकाश–संवेदनशील पदार्थाचा थर दिलेल्या काचेच्या पट्टीवर इरिडिअम-१९२ मधून उत्सर्जित झालेले गॅमा-किरण पडले असता बांधकामाच्या ज्या भागांची तपासणी करावयाची आहे त्या भागाच्या "अंतरंगा"चे दर्शन घडते. अशा प्रकारच्या दोष-शोधक उपकरणांच्या साहाय्याने हार्डवेअर आणि वितळ-जोडांची गुणवत्ता तपासली जाते, फोटोफिल्ममुळे सर्व भेगा, तसेच आगंतुक पदार्थांचे अस्तित्व उघडकीस येते. झोत भट्टीमध्ये याच समस्थानिकाच्या लहान आकारातील डब्या भट्टीमधील प्रभाराचे नियंत्रण करतात. हे प्रभार

गॅमा-किरणांचे काही प्रमाणात शोषण करत असल्यामुळे प्रभारामधून गॅमा किरणांनी पार केलेले अंतर पुष्कळ अचूकपणे ठरविता येते, व यावरून प्रभाराची पातळी निश्चित करता येते.

इरिडिअमच्या समस्थानिकाबद्दल आणखी दोन शब्द — इरिडिअम-१९२ व्यतिरिक्त अजून १४ किरणोत्सारी समस्थानिक असून त्यांचे अणू क्रमांक १८२ ते १९८ आहेत. त्यातील सर्वात जड समस्थानिक सर्वात अल्पायुषी आहे. त्याचा अर्धायुकाल एक मिनिटापेक्षाही कमी आहे. गंमत म्हणजे, इरिडिअम-१८३ बाबत हाच काल बरोबर एक तास आहे. इरिडिअम-१९१ व इरिडिअम-१९३ हे समस्थानिकच फक्त स्थायी आहेत. नैसर्गिक समस्थानिकांच्या मिश्रणात यापैकी इरिडिअम-२९३ चा हिस्सा ६२ टक्के इतका आहे.

भौतिकशास्त्र, जीवशास्त्र आणि भूशास्त्रामध्ये सूक्ष्मातिसूक्ष्म प्रमाण आणि क्षीण परिणाम मोजण्यासाठी अगदी अचूक पद्धती वापरल्या जातात. या पद्धती मोसबॉर परिणामावर आधारित आहेत. हा शोध इरिडिअमच्या समस्थानिकांशी निगडीत आहे.

डझनभर मूलद्रव्यांबरोबर प्रयोग करून मोसबॉर परिणामावर शिक्कामोर्तब करण्यात आले आहे. पण विज्ञानाच्या इतिहासात मात्र या भौतिक परिणामाचा संबंध नेहमी इरिडिअमबरोबरच जोडला जाईल.

TI

उमलणारा अंकुर
(थॅलिअम)

" शोधा म्हणजे सापडेल " – " युरेका ! " – धुळीतील शोध – नवीन पालवी – दुसऱ्यांदा शोध – परलोकविद्यावाद आणि रसायनशास्त्र – ॲव्हिसेनाच्या सन्मानार्थ – प्लॅटिपसचा गौरव – कुरतडणाऱ्या प्राण्यांचा दहशतवाद – अंधारात पाहणे – मौल्यवान पाषाण ? – स्फटिकांमधील चमचमाट – फक्त एका परिस्थितीचा अपवाद – अगाथ्या ख्रिस्तीद्वारा रोगपरीक्षा – वेगळे न करता येणाऱ्यांना वेगळे करणे – अर्धवाहकात थॅलिअम – महानगरीतील दिवे – इतर धातूंच्या सहवासात – महत्त्वाचा हातभार – गोठणबिंदु खाली – उद्योग-क्षेत्राच्या सेवेत – सर्वात हलका समस्थानिक – जेलिफिश आणि बीटकंदामध्ये – थॅलिअमला अजून बरेच साध्य करावयचे आहे

" शोधा म्हणजे सापडेल " असा आशय असलेले एक प्रसिद्ध सोविएत गीत आहे. हे खरे किंवा खोटे ते माहीत नाही पण एक गोष्ट मात्र नक्की की, इतिहासाच्या प्रत्येक कालखंडात लोक कोणत्या ना कोणत्या गोष्टीचा शोध घेत असतात. काही जण संपत्तीचा काही जण साहसे, तर काही व्यक्ती अज्ञाताचा शोध घेण्यात मग्न असतात कधी कधी त्यांना काही ना काही खरोखरच मिळते. सिरॅकसचा राजा हेरॉनच्या मुकुटात सोने व चांदीचे प्रमाण काय असावे या समस्येचे उत्तर आर्किमिडीजला तो टबामध्ये आंघोळ करत असताना मिळाले. आजूबाजूचे कोणतेही भान न ठेवता, अंगावर एकही कपडा नसताना आर्किमिडीज रस्त्यावर " युरेका ! " (मला मिळाले !) असे ओरडत सुटला. त्याच्या बाजूने जाणाऱ्या लोकांना मात्र आर्किमिडीजने सर्व काही गमावले आहे असेच वाटले असेल.

कधीकधी असेही घडले की संपत्तीच्या शोधात असताना एखाद्या व्यक्तीला शिशाचे काही कण मिळाले व त्याबरोबरच त्याला चिरंतर शांती लाभली. कोलंबसला भारताकडे जाणारा जवळचा रस्ता शोधण्यात अपयश आले तरी त्याने एका संपूर्ण खंडाचा शोध लावला. १८६१ मध्ये थॅलिअमचा शोध लावणाऱ्या सर विल्यम क्रुक्स यांच्याबाबत असेच काहीसे घडले.

१८५० मध्ये तरुण क्रुक्स सल्फ्युरिक आम्लाच्या उत्पादनात जमा होणाऱ्या धुळीचा अभ्यास करण्यात गुंतला होता. त्यामध्ये टेल्युरिअम असावे असा

त्याला विश्वास होता. असंख्य प्रयोग करून सुद्धा इच्छित निष्कर्ष न मिळाल्याने त्याची उत्सुकता संपली. त्याने ती धूळ प्रयोगशाळेत बराच काळ तशीच बाजूला ठेवली. वर्णपटीय विश्लेषण पद्धतीचा शोध लागल्यानंतर त्याला धुळीची परत आठवण झाली. ही पद्धत रासायनिक पद्धतींप्रमाणे कष्टप्रद नव्हती. पुन्हा एकदा संधी घेण्याचे क्रुक्सने ठरविले.

आश्चर्य असे की, टेल्युरिअमच्या रेषेऐवजी वर्णपटात एक तेजस्वी हिरवी रेषा क्रुक्सला आढळली. त्या वेळी ज्ञात असलेल्या कोणत्याही वर्णपटामध्ये ही रेषा आढळली नव्हती. नवीन मूलद्रव्याचा शोध आपण लावला असल्याचे क्रुक्सला समजून चुकले. त्यावेळी वसंतऋतू सुरू होता. झाडांना नवीन पालवी फुटण्यास सुरुवात झाली होती. म्हणून मूलद्रव्याला त्याने थॅलिअम ('उमलता अंकुर' असा अर्थ असणाऱ्या थॅलोस या ग्रीक शब्दावरून) नाव दिले.

काही महिन्यांनंतर लॅमी नावाच्या फ्रेंच रसायनज्ञाने सल्फुरिक आम्लाच्या उत्पादनातील धुळीपासूनच आणि वर्णपटीय पद्धतीनेच थॅलिअमचा शोध लावला. लॅमीने १४ ग्रॅम धात्विक थॅलिअम अलग केले व त्याचे काही गुणधर्म सुद्धा सांगितले असले तरी थॅलिअमच्या शोधाचा अग्रहक्क ब्रिटिश रसायनज्ञाकडेच जातो. त्यानंतर विल्यम क्रुक्सने भौतिकशास्त्र व रसायनशास्त्राच्या विकासाला खूपच हातभार लावला व आयुष्याच्या अखेरच्या काळात लंडन रॉयल सोसायटीचे प्रमुखपद भूषविले. (विरोधाभास म्हणजे, क्रुक्स एक परलोकवादी होता व मृतात्मांबरोबर संवाद साधण्यात त्याने बराच काळ घालविला.)

वर्णपटीय अभ्यासातूनच थॅलिअम सर्वप्रथम ओळखण्यात आले हे साहजिकच म्हटले पाहिजे: हे मूलद्रव्य बहुतेक खनिजांमध्ये इतक्या सूक्ष्म प्रमाणात सापडते की रासायनिक पद्धतींनी ते अचानकपणे मिळाले असते असे मुळीच संभवत नाही. वर्णपटीय पद्धतीच्या अपवादात्मक अचूकतेमुळेच थॅलिअमचा शोध लागला. पृथ्वीच्या कवचात थॅलिअमचे एकूण प्रमाण ०.०००३ टक्के आहे. हे प्रमाण फार कमी आहे असे नाही. (प्लॅटिनम किंवा सोन्याचे साठे यापेक्षा खूपच कमी आहेत) पण थॅलिअमचे खनिज म्हणून ओळखले जाणारे फक्त पाच प्रकारचे खडक आहेत – लॉरँडाइट, हटचिन्सोनाइट, अर्बाइट, क्रुक्साइट

आणि अॅव्हेनीसाइट. यामधील अॅव्हेनीसाइट म्हणजे जवळजवळ शुद्ध थॅलिअम ऑक्साइड असून १९५६ मध्ये उज्बेकिस्तान (सोविएत संघ)मध्ये ते सापडले. प्राचीन काळातील एक महान तत्त्ववेत्ता व वैद्यकीय तज्ज्ञ, अॅव्हिसेना (अबू इब्न सीना) च्या सन्मानार्थ अॅव्हिसेनाइट हे नाव देण्यात आले. ही सर्व खनिजे निसर्गात इतकी क्वचित सापडतात की थॅलिअमची धातुके म्हणून व्यापारी तत्त्वावर त्यांचे उत्खनन करण्याचा प्रश्नच उद्भवत नाही. सर्वसाधारणपणे जस्त, शिसे आणि इतर धातूंच्या उत्पादनात धात्विक थॅलिअम उप-पदार्थ म्हणून मिळविण्यात येते.

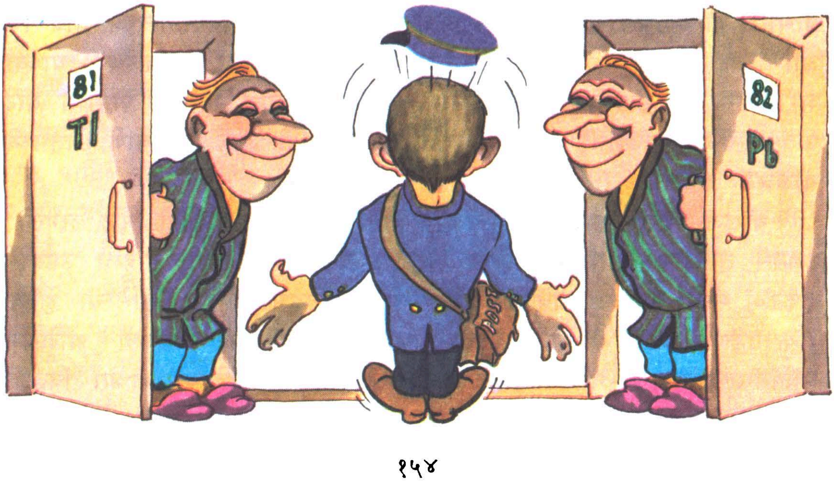
थॅलिअमचा शोध लागल्यावर पन्नास वर्षांपर्यंत ते शास्त्रीय संशोधनाचा विषय होते. थॅलिअमची लक्षणीय वैशिष्टये असल्याचे आढळून आले. आवर्ती कोष्टकात त्याच्या उजवीकडील शेजारी शिसे आहे (थॅलिअम व शिसे अनुक्रमे ८१ व ८२ क्रमांकावर आहेत). थॅलिअमचे बाह्य स्वरूप, घनता, कठीणता, विलय बिंदू आणि इतर भौतिक वैशिष्टये अगदी शिशाप्रमाणेच आहेत, तर रासायनिक गुणधर्मांमध्ये ते सोडिअम, पोटॅशिअम आणि रुप्याप्रमाणे आहे.

आवर्ती कोष्टकात तिसऱ्या गटात असल्यामुळे थॅलिअम बहुदा त्रि-संयुजी मूलद्रव्याप्रमाणे पाहिजे, पण अल्क-धातूंप्रमाणे ते एक-संयुजी राहणेच "पसंत" करते. जटिल संयुगांमध्ये मात्र एक संयुजी आणि त्रि-संयुजी थॅलिअम आढळते: एक-संयुजी थॅलिअम घन आयॉनची भूमिका बजावते, तर त्रि-संयुजी थॅलिअम जटिल ऋण आयॉनचा एक घटक असते. प्रख्यात फ्रेंच रसायनज्ञ ड्यूमा याने मूलद्रव्य क्र-८१ चे पुढीलप्रमाणे वर्णन केले आहे – "धातूंच्या मान्यताप्राप्त वर्गीकरणाच्या दृष्टिकोनातून पाहिले असता असे आढळते की थॅलिअमकडे विरोधी गुणधर्मांचा मिलाफ आहे. आपण जर त्यास धातूंचा पक्षी-विज्ञानातील विरोधाभास आहे असे म्हटले तर अतिशयोक्ती होणार नाही." या विधानाचे स्पष्टीकरण देताना ड्यूमाने सांगितले की प्राण्यांमध्ये ज्याप्रमाणे प्लॅटिपस हा प्राणी (हा विचित्र प्राणी सस्तन असला तरी उभयचर वर्गातील प्राण्यांप्रमाणे आणि पक्ष्यांप्रमाणे तो अंडी घालतो, तो दिसतो सुद्धा विचित्रच – त्याच्या शरीरावर दाट केसांचे आच्छादन आहे व बदकाप्रमाणे त्याच्या पायांची बोटे पातळ त्वचेने जोडलेली आहेत) जसा विरोधाभासी आहे त्याप्रमाणे धातूंमध्ये थॅलिअम आहे.

थॅलिअम आणि त्याच्या संयुगाबद्दल जसजशी अधिक माहिती मिळू लागली, तसतसे त्याचे व्यवहारिक उपयोग लक्षात आले, थॅलिअमचा पहिला उपयोग १९२० मध्ये झाला. यावर्षी जर्मनीमध्ये, थॅलिअम सल्फेट असलेल्या कृंतक (कुरतडणारे प्राणी) आणि कीटक-नाशकांना एकाधिकार मिळाला. थॅलिअम ऑक्सिसल्फाइडवर – थॅलोफाईडवर – प्रकाशाची क्रिया होताच त्यांच्या विद्युत-वाहकतेमध्ये बदल होतो आणि शिवाय हे संयुग अवरक्त किरणांना संवदनशील

असल्याचे सुद्धा त्याच वर्षी आढळून आले. परिणामी, लौकरच थॅलोफाइड घट विकसित करण्यात आले व त्यांचा उपयोगही झाला. अंधारात किंवा दाट धुक्यामध्ये वापरायच्या इशारादायक उपकरणांमध्ये, रात्रीच्या वेळी विमानांना जमिनीवर उतरण्यासाठी जागा दाखविणाऱ्या अवरक्त दिव्यांमध्ये, अंधारामध्ये तप्त वस्तू दाखविणाऱ्या उपकरणात, तारकीय प्रारण मोजणारी साधने, अवरक्त किरणांतील छायाचित्रणासाठी, फोटोग्राफिक अनावरण माप-कांमध्ये या संयुगांचा उपयोग होऊ लागला. इतर थॅलिअम संयुगांचा – उदाह-रणार्थ, थॅलिअमच्या ब्रोमाइड आणि आयोडाइड संयुगांचा – उपयोग सुद्धा अवरक्त किरणे आरपार करण्याच्या त्यांच्या असाधारण क्षमतेवरच आधारित आहे. वर्णपटाच्या अवरक्त भागात कार्य करणाऱ्या प्रकाशीय उपकरणांमधील भिंगे, लोलक आणि घटांमध्ये या क्षारांचे एकाकी स्फटिक वापरण्यात येतात. उच्च वक्रीभवनांक असणाऱ्या खास प्रकारच्या पिवळ्या, हिरव्या आणि नारिंगी रंगाच्या काचा (नकली रत्ने म्हणून सुद्धा त्यांचा उपयोग होतो) आणि काळ्या अपारदर्शक काचेच्या घटकांमध्ये थॅलिअमच्या क्षारांचा समावेश असतो.

आधुनिक अभियांत्रिकीमध्ये लुकलुकी-मापकांचा फार मोठ्या प्रमाणावर वापर होतो. या उपकरणाद्वारे किरणोत्सारी प्रारणांचे संसूचन आणि मोजमाप करता येते. लुकलुकी-मापकातील प्रमुख भाग म्हणजे प्रस्फुरक स्फटिक असून त्यावर बीटा अथवा गॅमा किरण पडताच त्यामधून प्रकाश-ठिणग्या बाहेर पडतात. प्रकाश-घटाच्या साहाय्याने या प्रकाशाचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर होते. प्रारण जितके अधिक तीव्र तितक्या प्रकाश-ठिणग्या तेजस्वी व विद्युत प्रवाहाची शक्ती-सुद्धा त्या प्रमाणात वाढते. अल्क धातूंची हलाइड संयुगे प्रस्फुरक-स्फटिक म्हणून वापरली जातात. या स्फटिकांमध्ये सक्रियक पदार्थ मिसळतात, त्यामुळे हलाइड संयुगे कार्यक्षम होऊन स्फटिकांमध्ये दीप्तीस्थाने तयार होतात. लुकलुकी-मापकात फॉस्फर सक्रियकाचे काम थॅलिअमकडे सोपविले आहे.



रसायनशास्त्रात, थॅलिअमची ऑक्साइड आणि सल्फाइड संयुगे अनेक कार्बनी अभिक्रियांमध्ये उत्प्रेरक म्हणून वापरण्यात येतात. (उदाहरणार्थ हायड्रोजनच्या साहाय्याने नायट्रोबेंझिनचे क्षपण; वायूरूप ॲनिलीनचे ऑक्सिडीकरण, इत्यादी) पेट्रोलमध्ये प्रत्याघाती पदार्थ म्हणून काही थॅलिअम संयुगांचा वापर होतो.

एकाच कारणामुळे थॅलिअम आणि त्याचे क्षार औषधांच्या क्षेत्रात स्थान मिळवू शकले नाहीत. हे कारण म्हणजे थॅलिअम आणि त्याचे क्षार खूपच विषारी आहेत. थॅलिअमचे जे प्रमाण गुणकारी परिणाम घडवून आणू शकते नेमके तेवढेच प्रमाण शरीराला धोकादायक असते. थॅलिअमचा उपयोग केवळ डोक्याचे केस आणि कातडीवर येणाऱ्या नायट्याचा इलाज करण्याकडे (केस काढणारा पदार्थ म्हणून) व इतर "क्षुल्लक कामां"पुरता मर्यादित आहे.

काही वर्षांपूर्वी थॅलिअमशी संबंधित एक कुतूहलपूर्ण घटना घडली. दीड वर्षाच्या लहान मुलीला अत्यंत तातडीच्या वैद्यकीय उपायांकरता पर्शियन आखातातील क्वाटार या अरब संस्थानातून लंडनला नेण्यात आले. रोगी खरोखरच गंभीर अवस्थेत होता. त्या मुलीचा रक्तदाब दरदिवशी वाढत होता आणि म्हणून तिला श्वास घेणे कठीण होते होते. क्वाटारमधील डॉक्टरांना रोगाचे निदान होऊ शकले नाही. लंडनमधील तज्ज्ञ डॉक्टर हाच तिच्या आई-वडिलांच्या दृष्टीने शेवटचा आशेचा किरण होता.

लंडनच्या हॉस्पिटलमध्ये आणल्यावर सुद्धा अगदी प्रतिथयश डॉक्टरांनासुद्धा या विचित्र रोगावर काही इलाज करणे जमले नाही. अनेक तास सल्लामसलत केल्यानंतर सुद्धा त्यांच्यामध्ये एकमत झाले नाही. मुलीची स्थिती मात्र अधिकच खालावली व गंभीर झाली. बराच वेळ ती शुद्धीवर नव्हती. परिस्थिती हाताबाहेर जात आहे असे दिसताच मुलीची सेवा करणाऱ्या परिचारिकेने असे सुचविले की मुलीला थॅलिअमची विषबाधा झाली आहे. अगाथा ख्रिस्तीची कादंबरी परिचारिकेने काही दिवसांपूर्वी वाचली होती. कादंबरीमध्ये थॅलिअम-विषबाधेचे वर्णन होते व तेथे उल्लेखिलेली लक्षणे व आपल्या रोग्याच्या लक्षणांमध्ये विलक्षण साम्य असल्याचे तिच्या लक्षात आले. डॉक्टरांनी परिचारिकेचे मत पडताळून पाहण्याचे ठरविले. पण हॉस्पिटलमध्ये आवश्यक साधने आणि

अभिकारके नव्हती. शेवटी स्कॉटलंड यार्डने मदतीचा हात दिला. योगायोग म्हणजे थॅलिअमच्या विषबाधेवर नुकतेच त्यांनी उपचार केले होते. त्यांच्या प्रयोगशाळेत आवश्यक अभिकारक आणि साधने होती. अखेर परिचारिकेचे निदान खरे ठरले – मुलीला खरोखरच थॅलिअम-विषबाधा झाली होती. नंतर असे लक्षात आले की, थॅलिअम संयुगांवर आधारित, उंदीर मारण्याचे विष या मुलीच्या घरामध्ये वापरले जात होते व त्यामुळेच तिला विषबाधा झाली. रोग्यावर योग्य ते उपचार करण्यात आले व लवकरच धोका टळला.

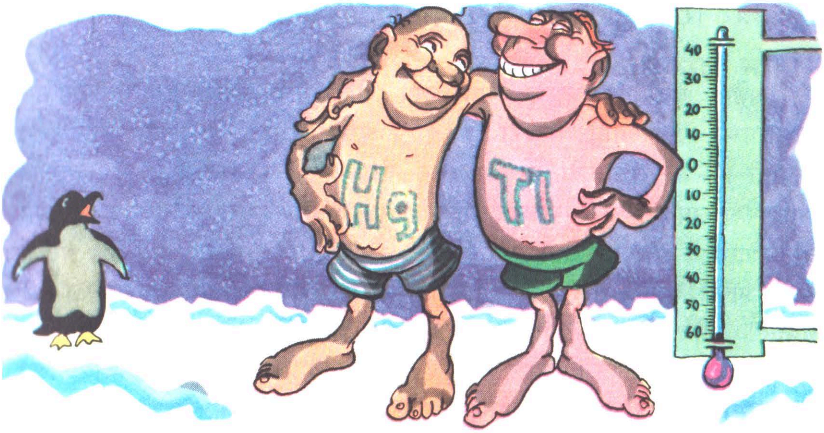
म्हणूनच, थॅलिअम आणि त्याच्या संयुगांपासून सावध राहिले पाहिजे. योग्य तऱ्हेने त्यांचा उपयोग झाल्यास त्यापासून फायदा सुद्धा होऊ शकतो.

निसर्गामध्ये काही खनिजे एकमेकात इतकी मिसळलेली असतात की कधी-कधी त्यांना अलग करणे फारच अवघड असते. या कामासाठी थॅलिअमच्या काही कार्बनी संयुगांचा उपयोग होतो. अशी खनिजे, थॅलिअम मॅलोनेट आणि थॅलिअम फॉर्मेट (क्लोरिसी द्रावण) च्या पाण्यातील द्रावणात मिसळण्यात येतात. या द्रावणाचे विशिष्टगुरुत्व खूपच जास्त आहे (४ ग्रॅम/सें. मी.^{3}). त्यामुळे हलके खनिज द्रावणाच्या पृष्ठभागावर तरंगते व जड खनिज गाळाच्या रूपात द्रावणाच्या तळाशी जमा होते. या पद्धतीने घटक खनिजे वेगळी तर होतातच, शिवाय त्यांची घनता ठरविणे सुद्धा शक्य होते.

अर्धवाहक पदार्थ हे तर अगदी अलीकडचे संशोधन आहे. आपल्या जीवनाचे ते अविभाज्य घटक झाले आहेत. तंत्रज्ञानात तर ते अत्यावश्यक ठरले आहेत हे सांगावयास नकोच. साधी, सरळ, विश्वसनीय आणि वापरावयास सुलभ असणारी अर्धवाहक उपकरणे खूप उपयोगी आहेत. अर्धवाहक गुणधर्म असलेल्या पदार्थांमध्ये काचाभ अर्धवाहक (काचेसारखे दिसणारे) नामक पदार्थ विशेष महत्त्वाचे आहेत. या अर्धवाहकांमध्ये अर्सेनिक, अँटिमनी, गंधक, सेलेनिअम आणि टेल्युरिअम या मूलद्रव्यांसह थॅलिअम हमखास असते.

शहरातील विद्युत-दिव्यांमध्ये, इतर मूलद्रव्यांबरोबरच थॅलिअमचा उपयोग होतो. अरगॉन आणि थॅलिअमची वाफ असणाऱ्या नलिकांमध्ये सुखद हिरवा रंग तयार होतो. काही सिग्नल-ठिणग्यांना सुद्धा थॅलिअमच्या वाफेमुळे हिरवा रंग प्राप्त होतो. वर्णपटीय उपकरणांचे अंशन, फोटोग्राफिक फिल्मस् आणि निगेटिव्हची तपासणी आणि रॉटजेन लेखाचे मूल्यमापन करताना थॅलिअम-विमोच दीप वापरतात.

उद्योगधंद्यात आणि शेतीमध्ये २०००० पेक्षा अधिक मिश्रधातूंचा वापर होतो. कोणत्याही मिश्रधातूत समावेश नाही असा एकही धातू नसेल. या क्षेत्रातसुद्धा थॅलिअमकडे दुर्लक्ष झालेले नाही. इतर धातूंबरोबर त्वरित एकत्र होऊन थॅलिअम काही मौल्यवान वैशिष्टचे या धातूंना बहाल करतो. शिसे, कथील आणि अँटिमनीबरोबर थॅलिअम मिसळून भूमिगत नळांच्या बाजूंवर



त्याचा थर देतात. हा थर उत्कृष्ट आम्ल विरोधी असतो. धारावे तयार करण्याकरता अनेक मिश्रधातू अलीकडे विकसित करण्यात आले आहेत. शिसे, तांबे, कथील आणि कधी कधी तर सोने व चांदीबरोबर थॅलिअम मिसळतात. थॅलिअमचा विलय बिंदू कमी असल्यामुळे धारावे कार्य करत असताना त्यातील थॅलिअम नैसर्गिक वंगणाची भूमिका बजावते व धाराव्यांची झीज-विरोधी क्षमता खूपच वाढते.

थॅलिअमचा अंतर्भाव असलेले अनेक वितळणशील मिश्रधातू असून त्यापैकी सर्वात लक्षणीय म्हणजे थॅलिअमचे पारदमिश्रण होय. हे मिश्रण फक्त –६०° सें. ग्रे. तपमानावरच गोठते. या द्रव-मिश्रधातूचे तपमापक जगाच्या अतीशीत भागात व अवकाशात अत्यावश्यक ठरतात. या ठिकाणी पाऱ्याचे नेहमीचे तपमापक कुचकामी ठरतात.

थॅलिअम-२०४ हा किरणोत्सारी समस्थानिक बीटा-किरणांचे उद्गम म्हणून अनेक उपकरणात वापरतात. उत्पादन-प्रक्रियांचे नियमन करण्यासाठी आणि प्रामुख्याने सरकणाऱ्या कापडाची किंवा कागदाची जाडी निश्चित करण्याकरिता ही उपकरणे वापरतात. पदार्थाच्या जाडीमधून आरपार जात असणाऱ्या बीटा-किरणांची तीव्रता कमी-जास्त होताच (म्हणजेच पदार्थाची जाडी कमी-अधिक होताच) स्वयंचलित उपकरणांद्वारे योग्य जाडी पुन्हा मिळविली जाते. किरणोत्सारी थॅलिअमवर चालणारी इतर उपकरणे, कागद आणि कापड गिरण्या व सिने-फिल्म तयार करणाऱ्या कारखान्यात नेहमी निर्माण होणारे विद्युत-स्थितिक प्रभार काढून टाकण्याचे काम करतात.

अगदी आजपर्यंत थॅलिअमचे दोन स्थायी समस्थानिक आणि १८ किरणोत्सारी समस्थानिक ज्ञात होते. थॅलिअम-१९१ हा समस्थानिक सर्वात हलका समजला जात असे. १९७२ मध्ये मॉस्कोजवळील दुबना येथील "जॉईंट

न्यूक्लिअर रिसर्च इन्स्टिटयूट''मध्ये थॅलिअम-१८९ हा समस्थानिक मिळविण्यात आला.

अनेक वनस्पती आणि प्राण्यांमध्ये थॅलिअमचे सूक्ष्म कण आढळतात. प्राण्यांमध्ये – प्रामुख्याने सागरी जाती (ॲक्टिनिआ, जेलीफिश, स्टारफिश इत्यादी) – व पाण्याच्या पृष्ठभागावर वाढणाऱ्या वनस्पतीमध्ये ते आढळते. कधी कधी या वनस्पती त्यांच्या जीवनकालातच थॅलिअमची साठवणूक करतात. बीट-कंदामध्ये थॅलिअम आढळते. हे कंद ज्या प्रदेशात वाढतात खुद्द त्या प्रदेशात सुद्धा अत्यंत संवेदनशील उपकरणांनी थॅलिअमचे अस्तित्व निश्चित करता आले नव्हते. नंतर केलेल्या संशोधनाअंती असे आढळले की जमिनीमध्ये अत्यंत अल्प प्रमाणात थॅलिअम असले तरी शर्करा-कंद ते "गोळा" करते व साठवते.

सुमारे शंभर वर्षापूर्वी फ्रेंच रसायनज्ञ ड्यूमाने असे भाकीत केले होते की, रसायनशास्त्राच्या इतिहासात थॅलिअम नवीन पर्व सुरू करेल. ज्या मूलद्रव्याचा ड्यूमाने जीवनभर अभ्यास केला त्याचे गुण सांगताना त्याने अतिशयोक्ती केली असणे अगदी शक्य आहे. पण या मूलद्रव्याने अजूनही त्याच्या सर्वोत्कृष्ट भूमिका बजावलेल्या नाहीत असे खात्रीने म्हणता येईल.

Bi

अवकाश मोहीम
(बिस्मथ)

प्रयोग 'गोल' – ते योग्य होते? – मध्ययुगीन रसायनशास्त्रातील संभ्रम – डेमॉरगॉगन अथवा ग्लॉरा? – अनुमान – सौंदर्य आणि फिके चेहरे – उदात्त व्यवसाय – अग्नीशामक दलाने खुशाल झोपावे – वर्गामधील चहापान – प्लेगवर इलाज – परिणाम अधिक परिणामकारक होतो – चिनी मातीची भांडी आणि सौंदर्यप्रसाधनात – भरगच्च, बहुवारिक – उत्तम भाग – निसर्गनियमांविरुद्ध – दोन ध्रुवांमध्ये – निळ्या ज्योतीमध्ये – नियमात सुधारणा – रेणूंची पुनर्रचना – धात्विक काच – दोन वर्षे भडिमार – अतिशय दुर्मिळ – बैकाल सरोवरापलीकडील घबाड

१९७६ च्या उन्हाळयात एक दिवस सल्युत-५ या कक्षात्मक संशोधन स्थानकातील अवकाशयात्री बरिस वोल्यीनोव आणि विताली झोलोबोव्ह यांनी "गोल" नामक (सांकेतील नाव) एक तंत्रशास्त्रीय प्रयोग पूर्ण झाल्यावर उड्डाण नियमन केंद्राशी संपर्क साधला.

अवकाश-यात्रींना किती विषयात पारंगत व्हावे लागते याचा विचार करणे सुद्धा दुरापास्त आहे. भूस्तरतज्ज्ञ, जीवशास्त्रज्ञ, वैद्यकीयतज्ञ, भौतिकतज्ज्ञ आणि रसायनतज्ज्ञ अशा अनेक भूमिका त्यांना पार पाडाव्या लागतात. त्यांच्या 'अवकाशीय' कामांची यादी करणे सुद्धा अवघड आहे. "गोल" हा प्रयोग करण्यासाठी त्यांना धातूतज्ज्ञ व्हावे लागले. त्यांचे 'दुकान' म्हणजे एक सुटसुटीत उपकरण होते, ज्याच्या साहाय्याने वजनविरहीत अवस्थेत वितळलेल्या धातूंच्या घनीभवनाचा अभ्यास त्यांना करावयचा होता. शास्त्रीय भाषेत सांगायचे म्हणजे त्यांना 'शून्य-गुरुत्वा'चा फायदा घेऊन अगदी आदर्शवत गोल आकार असणाऱ्या धातूंच्या गोळ्या करावयाच्या होत्या.

हे उपकरण कोणते? व अवकाश धातूशास्त्राच्या इतिहासात सर्वप्रथम अजरामर होणारा हा धातू कोणता? या उपकरणामध्ये एक पेटी असून त्यामध्ये वितळावयाच्या धातूच्या गोळ्या, विद्युत-उष्मिका आणि लहान पारदर्शक लॅव्हॅसन पिशवी होती. शास्त्रज्ञांनी वुडच्या मिश्रधातूची (४:२:१:१ या प्रमाणात बिस्मथ, शिसे, कथील आणि कॅडमिअम असलेला मिश्रधातू) या प्रयोगाकरता निवड केली होती. हा मिश्रधातू धातूतज्ज्ञांना सुमारे १००

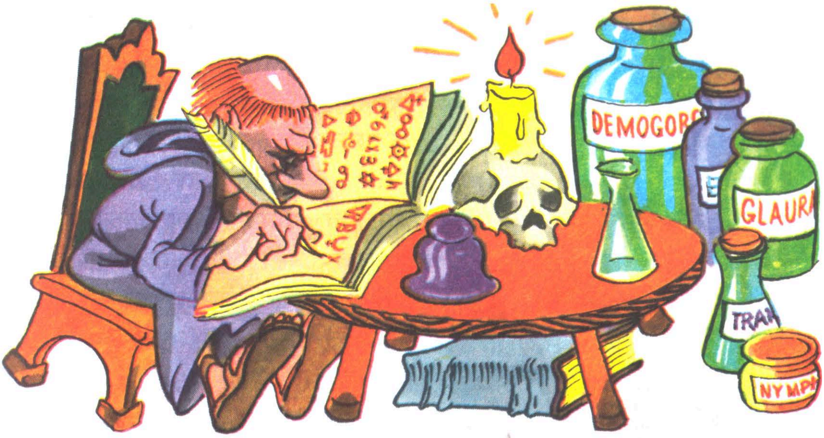
वर्षांपासून ठाऊक होता. याच मिश्रधातूला "अवकाश मोहीमे"वर पाठविण्याचे प्रमुख कारण व फायदा म्हणजे त्याचा विलय बिंदू कमी (सुमारे ७०° सें. ग्रे.) आहे; धातू जितका लवकर वितळेल तेवढे धातू वितळविणारे उपकरण अधिक सोपे व सुटसुटीत असते. अवकाश-अभियांत्रिकीमध्ये अशा उपकरणांचे महत्त्व सांगण्याची गरज नाही.

बरोबर ठरलेल्या वेळी अवकाश-यात्रींनी उपकरण सुरू केले व पेन्सिलीच्या शिशासारखा दिसणारा एक छोटासा कण उष्मिका-नलिकेत सरकविला. लवकरच त्याचे रूपांतर वितळलेल्या धातूच्या थेंबामध्ये झाले व एक खास यंत्रणेमुळे तो लॅव्हॅसन पिशवीत फेकला गेला. हा प्रयोग जर पृथ्वीवर केला असता तर थेंब ताबडतोब तळाला गेला असता व तेथेच सर्व काही संपले असते. बाह्य अवकाशात मात्र उष्मिकेमधून बाहेर पडल्यावर वितळलेल्या धातूचा थेंब वजनविरहीत अवस्थेत तरंगतो. उष्मिकेतून थेंब बाहेर पडण्याचा वेग आणि पिशवीचा आकार अशा रीतीने निश्चित केलेला असतो की तो थेंब पिशवीच्या बाजूला स्पर्श करेपर्यंत घट्ट झालेला असतो. अशा प्रकारे एक-एक थेंबाचे चकाकी नसलेल्या छोटयाशा मण्यांमध्ये रूपांतर होते.

"धातूंचे मणी व्यवस्थित दिसतात. ते सुंदर आहेत." प्रयोग सुरू करताना झोलोबोव म्हणाले. "धातूचे गरम थेंब वजनविरहीत अवस्थेत तरंगताना व कशासही स्पर्श न करता त्यांचे घनीभवन होते हे पाहण्यात मजा वाटते."

या प्रयोगाचा उद्देश काय? त्याचा व्यावहारिक उपयोग आहे का? जरी आदर्श गोल आकार मिळवायचा असला तरी काही थोडया मण्यांसाठी अवकाशात एवढा सारा व्याप करणे फायद्याचे आहे?

लॅव्हॅसनपिशवी पृथ्वीवर आणण्यात आली. त्यामधील धातूंच्या मण्यांचा अनेक प्रयोगशाळेतील शास्त्रज्ञांनी काळजीपूर्वक अभ्यास केला. पण हाय! अखेर असे आढळले की घनीभवनाच्या प्रक्रियेत गोल आकार मिळण्याऐवजी थेंबांना लंबवर्तुळाकार प्राप्त झाला आहे व थंड झाल्यावर लहान 'नासपती' किंवा 'कांद्यां'मध्ये त्याचे रूपांतर झाले. शिवाय अवकाशात वुडच्या मिश्रधातूचा एकसारखेपणा सुद्धा नाहीसा झाला होता. पण म्हणतात ना "सूत कातणे व्यवस्थित जमण्यापूर्वी बरेचसे सूत वाया जाते." म्हणूनच असे प्रयोग सुरू ठेवले पाहिजेत. हे प्रयोग यशस्वी झाले तर तंत्रविज्ञानाचा भविष्यकाळ अतिशय भुरळ पाडणारा ठरेल. धाराव्यांसाठी धातूची गोळी पृथ्वीवर तयार करण्या-करिता ११ प्रक्रिया कराव्या लागतात व त्यामध्ये बराच धातू वाया जातो. तसेच गोळीच्या पृष्ठभागावरील थराची संरचना नेहमीच आदर्श रहात नाही. अवकाशात धाराव्यांच्या गोळयांचा कारखाना उभा करणे एक दिवस शक्य होईल, व वुडचा मिश्रधातू अवकाशात नेण्यासाठी जो खर्च येईल त्याची सव्याज परतफेड होईल अशी आशा करू.



पण सध्या आपण पृथ्वीवर परत येऊन वुडच्या मिश्रधातूमधील प्रमुख घटकाबद्दल – बिस्मथबद्दल – माहिती करून घेऊ. बिस्मथ हा रूपेरी पांढऱ्या रंगाचा धातू असून त्यावर गुलाबी छटा असते. १५ व्या शतकातील रासायनिक वाङ्मयात बिस्मथचा सर्वप्रथम उल्लेख आढळतो. त्या काळात सुद्धा शिसे, अँटिमनी आणि कथील या धातूंना बिस्मथ म्हणून समजले जात होते. किमया-शास्त्राच्या शब्दकोशात बिस्मथचे वर्णन "कोणतेही सर्वात हलके, सर्वात फिकट आणि सर्वात स्वस्त शिसे" असे केले जात होते. प्रसिद्ध धातुशास्त्रज्ञ आणि खनिजतज्ज्ञ जॉर्जिअर ॲग्रिकोला याने १५४६ मध्ये प्राचीन व आधुनिक काळातील खनिज साठे व खाणी या विषयावर एक पुस्तक लिहिले. या पुस्तकात सोने, रूपे, तांबे, लोह, शिसे, कथील आणि पारा या बरोबरच प्राचीन काळात ज्ञात असलेला महत्त्वाचा धातू म्हणून बिस्मथचा उल्लेख केला आहे. पण केवळ १८ व्या शतकातच एक स्वतंत्र मूलद्रव्य म्हणून बिस्मथला मान्यता लाभली. बिस्मथला जितकी विविध नावे मिळाली तितकी नावे इतर कोणत्याही धातूला मिळाली नसतील. काही शास्त्रज्ञांच्या म्हणण्यानुसार १५ व्या ते १८ व्या शतकांच्या काळातील वाङ्मयात बिस्मथची वीस पेक्षा अधिक नावे पहावयास मिळतात. त्यापैकी काही नावे डेमॉगॉरगन, ग्लॉरा आणि निम्फ अशी अर्थपूर्ण आहेत.

'बिस्मथ' या नावाच्या उत्क्रांतीचे स्पष्टीकरण देणारी अनेक वर्णने आहेत. काही जणांना असे वाटते की, जर्मन भाषेतील विस् आणि माट (या मूळापासून वाईस्स मास्स म्हणजे पांढरे वजन व वाईस्स मटेरिआ म्हणजे पांढरा पदार्थ ही नावे तयार झाली) ही बिस्मथ शब्दाची मूळे आहेत. त्यांचा अर्थ "पांढरा धातू' असा होतो. काहींचे असे मत आहे की 'वाईज्' (कुरण) आणि 'म्यूटेन' (खाणकाम करणे) या जर्मन शब्दांपासून बिस्मथ हा शब्द तयार

11-84

झालेला आहे. कारण प्राचीन काळात सुद्धा माईस्सेन जवळील सॅक्सनीमधील कुरणांमधून या धातूचे उत्खनन करण्यात येत होते. तर जर्मनीमधील वाईजेन् भागात हा धातू मोठ्या प्रमाणात सापडत असल्यामुळे बिस्मथ हे नाव मिळाले असाही एक मतप्रवाह आहे. एका सिद्धांतानुसार अरेबिक भाषेतील बी इस्मिद या शब्दाचा अपभ्रंश होऊन बिस्मथ हा शब्द तयार झाला. त्याचा अर्थ 'अँटि-मनीसारखा' असा होतो. या अनेक वर्णनांपैकी विश्वसनीय कोणते हे सांगणे कठीण आहे. "ग्रेट सोविएत एनसायक्लोपिडिआ"मध्ये सुद्धा याचे स्पष्ट उत्तर नसून फक्त पुढीलप्रमाणे शेरा आहे. "बिस्मथ हे नाव कसे प्रचारात आले हे सिद्ध झालेले नाही."

Bi हे चिन्ह सर्वप्रथम प्रख्यात स्विडिश रसायनज्ञ बर्झेलिअस याने प्रचारात आणले. पूर्वीच्या काळात रंगद्रव्ये, तैलरंग आणि सौंदर्य-प्रसाधने म्हणून बिस्मथ संयुगे वापरण्यात येत असत विशेषत: रशियन महिला वर्गात सर्व प्रकारच्या सेरुजना (शिशाच्या कार्बोनेट आणि हायड्रोट संयुगांपासून तयार केलेला पांढरा रंग) फारच मागणी होती. त्यापैकी स्पॅनिश सेरुज बिस्मथवर आधारित होते. रशियाला भेट दिलेल्या एका इंग्लिश व्यक्तीने मत व्यक्त केले की "येथील महिला इतका रंग वापरतात की रंग चोपडलेले त्यांचे चेहरे अगदी लांब अंतरावरून सुद्धा पाहता येतात. पिठाची गिरणी चालविणाऱ्या बायकांबरोबरच त्यांची तुलना होऊ शकते. जणू काय त्यांच्यासमोर पिठाच्या पिशव्या जोरात आपटल्या आहेत."

औषधे हा सुद्धा बिस्मथचा पूर्वपार चालत आलेला व्यवसाय आहे. त्वचा-रोग, जठरात्रीथ रोग, भाजणे आणि जखमांवर लावण्यात येणारी पूतिरोधके व रोग-निवारक मलमांमध्ये त्याचा समावेश असतो. म्हणूनच औषध उद्योग हे बिस्मथचे प्रमुख गिऱ्हाईक आहे.

अभियांत्रिकीमध्ये, वितळणशील मिश्रधातू तयार करणारे म्हणून बिस्मथ प्रसिद्ध आहे. शंभराहून अधिक वर्षांपूर्वी प्रसिद्ध झालेल्या एका पुस्तकात लिहिले आहे: "मिश्रधातू वितळणशील बनविण्याच्या एकमेव उद्देशाने बिस्मथचा

त्यामध्ये समावेश करण्यात येतो. कमी विलय बिंदू असणाऱ्या धातूची गरज कल्हई करणाऱ्यांना व ऑर्गन तयार करणाऱ्यांना लागत असल्यामुळे ते बिस्मथचा वापर करतात. छपाई-उद्योगात सुद्धा छपाईच्या धातूमध्ये थोडेसे बिस्मथ मिसळल्यास धातू सहजपणे वितळतो. पण, अर्थातच, त्यामुळे धातूची गुणवत्ता मात्र वाढत नाही, कारण बिस्मथमुळे मिश्रधातू ठिसूळ होतो.

छपाईच्या ठशांच्या धातूमध्ये बिस्मथचा वापर बंद झाला असला तरी वुडच्या मिश्रधातूंसह बिस्मथच्या इतर अनेक मिश्रधातूंना इतर क्षेत्रांमध्ये भरपूर वाव आहे. उदाहरणार्थ, ज्वालाग्राही वस्तू व इमारतींमध्ये बिस्मथच्या मिश्र-धातूंपासून तयार केलेली फ्यूज असणारी स्वयंचलित अग्नीशामक यंत्रणा बसवि-ल्यास अग्नीशामक दलातील लोकांना काळजी करण्याचे काहीच कारण नाही. इमारतीमधील तपमान एकदा का ठराविक मर्यादेपलिकडे वाढले की फ्यूज वितळतात व धोक्याची सूचना देणारी साधने कार्यरत होतात. काही उपकरणे केवळ धोक्याचा इशारा देऊनच थांबत नाहीत तर कोणत्याही मदतीशिवाय आगीवर पाण्याचा फवारा मारण्यास सुरुवात करतात. आग विझविणारी माणसे जेव्हा घटनास्थळी येतात तेव्हा त्या उपकरणांना आगीचा मुकाबला करण्यासाठी पुन्हा "तयार" ठेवण्याचेच काम बाकी असते.

बिस्मथ आणि शिशाचा मिश्रधातू हातावर घासला असता वितळतो व धातूची पेन्सिल म्हणून त्याचा उपयोग होतो. बिस्मथवर आधारित वितळण-शील मिश्रधातू काच आणि धातू यामधील सील करण्याकरता उपयोगी असतात. वुडच्या मिश्रधातूपासून तयार केलेला चमचा चहाच्या कपात बुडविताच वितळून जाईल. असा चमचा आपणाला कोणत्याच दुकानात मिळणार नाही पण भौतिकशास्त्राच्या तासाला मात्र या उदाहरणामुळे मिश्रधातूचे गुणधर्म व्यवस्थितपणे सिद्ध करून दाखविता येतील.

बिस्मथ हे एक उत्तम ओतीव साहित्य असल्याने अतिशय गुंतागुंतीच्या आकारांचे ओतकाम तयार करण्याकरता, धातु-आलेखी नमुने भरण्यासाठी, तसेच दंतशास्त्रात त्याचा उपयोग होतो.

बिस्मथच्या काही मिश्रधातूंमध्ये अद्वितीय चुंबकीय गुणधर्म आहेत. बिस्मथ आणि मँगनीजच्या मिश्रधातूपासून टिकाऊ चुंबक तयार होतो. बिस्मथच्या अँटिमनीबरोबरील मिश्रधातूमध्ये चुंबक-विरोधक गुणधर्म असल्यामुळे हा मिश्र-धातू परिपथ-वियोजी आणि प्रवर्धक तयार करण्यासाठी वापरतात. अॅल्युमिनिअम आणि लोखंडाच्या मिश्रधातूमध्ये थोडेसे (०.०१ टक्के) बिस्मथं मिसळल्यास त्या मिश्रधातूची स्थितिस्थापकता आणि कार्यशीलता वाढते. स्टेनलेस स्टीलमध्ये बिस्मथ मिसळल्यास हाच परिणाम दिसून येतो. कथीलामध्ये बिस्मथ मिसळ-ल्यास कथील आकुंचन पावण्याच्या, म्हणजेच "कथील प्लेग" या "रोगा"-पासून कथीलाचे संरक्षण होते. कमी तपमानात कथीलाचे विघटन होऊन

त्याचे चूर्ण तयार होण्याच्या दोषाला "कथील प्लेग" म्हणतात. हा दोष उद्‌भवण्याचे कारण म्हणजे कथीलाच्या एका स्वरूपाचे दुसऱ्या स्वरूपात रूपांतर होते. नवीन स्वरूपामधील स्फटिकी जालकात कथीलाचे अणू अधिक विखुरलेले असतात. (सफेद कथीलाचे करड्या रंगाच्या कथीलात रूपांतर होते.) बिस्मथच्या अणूंमुळे जणू काही स्फटिक-जालकामध्ये भर घातली जाते व म्हणून रूपांतरण होत असताना अणूंची पुनर्रचना न झाल्यामुळे धातूचा नाश होण्याचे संभवत नाही.

बिस्मथ आणि टेल्युरिअमचे मिश्रधातू ताप-विद्युत जनित्रांसाठी अगदी उपयुक्त समजले जातात. या धातूंचे योग्य मिश्रण वापरल्यास औष्णिक ऊर्जेचे विद्युत ऊर्जेत रूपांतर अधिक परिणामकारकपणे होते. सुमारे १५० वर्षांपूर्वी तयार केल्या गेलेल्या तापविद्युत घटाचे कार्य डाख दिलेल्या अँटिमनी आणि बिस्मथ तारांवर चालत असे.

सध्या, अंतराळशास्त्र, औषधशास्त्र आणि इतर क्षेत्रात औष्णिक-विद्युत शीतनपद्धत मोठ्या प्रमाणावर वापरण्यात येते. १८३४ मध्ये फ्रेंच भौतिकतज्ज्ञ जीन पेल्टयरला आढळले की दोन भिन्न वाहकांच्या, उदाहरणार्थ लोखंड आणि बिस्मथ – मंडलामधून सरल विद्युत-प्रवाह सोडला तर दोन धातूंच्या सांध्यामध्ये उष्णता शोषली जाते. या आविष्काराला पेल्टियरचा परिणाम असे नाव असून बऱ्याच काळापर्यंत त्याचा कोणताच व्यवहारिक उपयोग ठाऊक नव्हता, कारण सांध्याजवळ धातू थंड होण्याचे प्रमाण फारच क्षुल्लक होते. सुमारे शंभर वर्षानंतर प्रसिद्ध सोविएत भौतिकतज्ज्ञ आब्रम आयोफने सुचविले की, औष्णिक-विद्युत उपकरणांमध्ये धातूंऐवजी अर्धवाहक पदार्थ वापरले पाहिजेत. हे पदार्थ, विशेषत: बिस्मथ, टेल्युरिअम, सेलेनिअम आणि अँटिमनीची संयुगे असावीत. त्यानंतर मात्र पेल्टियरच्या परिणामाने अधिक परिणामकारकपणे शीतन होऊ लागले. या परिणामावर आधारित नवीन रेफ्रिजरेटर विकसित करणे शक्य झाले आहे. अशा रेफ्रिजरेटरमध्ये शीतकाची भूमिका द्रव अथवा वायूंकडे नसून इलेक्ट्रॉनकडे हे काम सोपविले जाते. अगदी छोटे (अंगुस्थानपेक्षा आकाराने लहान) रेफ्रिजरेटर –५०° सें. ग्रे. पर्यंत तपमान कमी करतात. या रेफ्रिजरेटरचे आणखी एक वैशिष्टय म्हणजे. विद्युत प्रवाहाची दिशा बदलली तर ते उष्मिका म्हणून कार्य करतात.

आधुनिक तंत्रविज्ञानाच्या अनेक क्षेत्रात बिस्मथची संयुगे वापरण्यात येतात: अॅक्रिलिक बहुवारिकांच्या उत्पादनात उत्प्रेरक म्हणून बिस्मथ ट्रायॉक्साइड वापरतात; काच, एनॅमल आणि चिनी मातीच्या भांड्यांच्या उत्पादनात बिस्मथ ट्रायॉक्साइड वापरतात. काही अकार्बनी पदार्थांचा विलयबिंदू कमी करण्याकरता अभिवाह म्हणून, काचेचा वक्रीभवनांक वाढविण्यासाठी, तसेच रस्त्यावरील खुणांमध्ये जी रंगद्रव्ये असतात त्यामध्ये बिस्मथचे क्षार मिसळतात.

म्हणजे त्यावर वाहनांच्या दिव्याचा प्रकाशझोत पडला की ते "चमकतात". बिस्मथच्या क्षारांमुळे लिपस्टिकला मोतिया रंगाची चकाकी प्राप्त होते.

गेल्या काही वर्षात अतिवाहकतेच्या गुणधर्माकडे शास्त्रज्ञ अधिक लक्ष देत आहेत. हा गुणधर्म १९११ मध्ये डच भौतिकतज्ज्ञ कॅमरलिन-ओन्स यांनी शोधला. या आविष्काराला केवळ सैद्धांतिक महत्त्व असल्याचे मानण्यात येत होते. अतिवाहकता हे काही धातूंमध्येच आढळणारे वैशिष्टच आहे. धातूचे तपमान जेव्हा निरपेक्ष शून्यानजिक असते तेव्हा त्याची विद्युत-रोधकता एकाएकी एकदम कमी होते. या शतकाच्या उत्तरार्धात विज्ञान आणि तंत्रविज्ञानात झपाट्याने प्रगती होत असल्याने अतिवाहकतेच्या व्यावहारिक उपयोगांना (विशेषत: ऊर्जा उद्योगात) पुष्कळच वाव आहे. पण हे प्रत्यक्षात आणण्यासाठी निरपेक्ष शून्य तपमानाच्या तुलनेत संक्रमण तपमान (ज्या तपमानावर अतिवाहकतेचा गुणधर्म प्राप्त होतो) जास्तीत जास्त "वाढविले" पाहिजे. थोडक्यात म्हणजे, शास्त्रज्ञांना उच्च तपमान अर्धवाहक— म्हणजे या तपमानाच्या जवळपास असणारे पदार्थ तयार केले पाहिजेत. काही तज्ज्ञांच्या मतानुसार धातूंच्या अगदी बारीक कणांनी बहुवारिक भरले असता त्यांना हा गुणधर्म प्राप्त होतो.

अलिकडेच सोविएत शास्त्रज्ञांनी या समस्येची उकल करण्यात यश मिळविले आहे. पॉलिडायफेनिल ब्यूटाडाएनच्या टोलीनमधील द्रावणावर शिसे आणि बिस्मथ यांच्या क्षाराच्या पाण्यातील द्रावणाचे विद्युत-अपघटन करून त्यांनी असे बहुवारिक मिळविले की ज्यामध्ये शिसे-बिस्मथ मिश्रधातूचे ८० टक्के कण (या कणांचा व्यास फक्त काही मायक्रॉन एवढाच होता) विखुरलेले होते. क्षारापासून धातू तयार होताहोताच ऑक्सिडीकरण होण्यापूर्वीच तो बहुवारिकात भरला जात असल्यामुळे कणांचा पृष्ठभाग अगदी स्वच्छ होतो. प्रयोगाअंती असे सिद्ध झाले की नवीन बहुवारिकाचे संक्रमण तपमान शुद्ध

मिश्रधातूच्या संक्रमण तपमानापेक्षा पुष्कळ अधिक आहे. यापेक्षाही उच्च तपमानाची गरज आहे. या संशोधन कार्यातील पुढील टप्प्यावर ही समस्या पूर्णपणे सुटेल अशी आशा आहे.

मिशिगन विद्यापीठातील (अमेरिका) कर्मचाऱ्यांना सुद्धा उत्सुकतापूर्ण निष्कर्ष मिळाले आहेत. कथील किंवा टेल्युरिअमच्या काही अणूंनी "दूषित" केलेल्या बिस्मथमध्ये ०.०३ ते ०.०६ केल्व्हिन तपमानावर अतिवाहकता निर्माण होते. शुद्ध बिस्मथमध्ये हा गुणधर्म आढळत नाही. या अणूंचे प्रमाण बदलून बिस्मथचे संक्रमण तपमान कमी अथवा जास्त करता येते.

आण्विक भट्टीमध्ये मात्र रासायनिक संयुगाच्या अथवा मिश्रधातूंच्या स्वरूपात नव्हे, तर अगदी शुद्ध बिस्मथचा वापर होतो. आण्विक भट्टीमध्ये बिस्मथ उष्णता वाहकाची भूमिका पार पाडतो. याचे कारण म्हणजे तपमानाच्या विस्तृत मर्यादेत (विलय बिंदू २७१° सें. ग्रें. व उत्कलन बिंदू १५६०° सें. ग्रे.) बिस्मथ द्रवरूप राहू शकतो. त्याच्यामध्ये रासायनिक-विरोध क्षमता तर आहेच, पण त्याहूनही महत्त्वाचे वैशिष्टय म्हणजे तापीय न्यूट्रॉनचे बिस्मथ अजिबात शोषण करीत नाही, म्हणजेच शृंखला अभिक्रिया मंद न करता हे न्यूट्रॉन विखुरले जातात. ज्या आण्विक भट्टयांमध्ये वितळलेल्या बिस्मथमध्ये विरघळविलेले युरेनिअम इंधन म्हणून वापरतात तेथे बिस्मथचा वापर तर फारच फायदेशीर आहे.

बिस्मथच्या अनेक वैशिष्टयांपैकी एक वैशिष्टय म्हणजे हा धातू फार ठिसूळ असून त्याचे सहज चूर्ण करता येते. बिस्मथची पातळ तार आणि पट्टया गरम अवस्थेत बहिःसारण आणि घनीकरण करून मिळविता येतात.

बिस्मथमधील स्फटिक-जालकाच्या वैशिष्टयामुळे इतर धातूंप्रमाणे, घनीभवन होत असताना बिस्मथ आकुंचन न पावता प्रसरण पावतो (पाणी गोठल्यावर ज्याप्रमाणे त्याचे प्रसरण होते). पदार्थावरील दाब वाढविला असता त्याचा विलय बिंदू वाढतो असा नियम आहे. पण बिस्मथ हा नियम झुगारून देतो – दाब जितका अधिक तितक्या लवकर तो वितळतो.

बिस्मथमध्ये परा-विद्युत गुणधर्म खूप प्रकर्षाने जाणवतो: प्रमाणित चुंबकाच्या दोन ध्रुवांमध्ये बिस्मथ ठेवले असता प्रत्येक ध्रुवाकडून समान जोराने

ते प्रतिकर्षित होते व दोन ध्रुवांपासून समान अंतरावर असणाऱ्या बिंदूवर स्थिर होते. चुंबकीय क्षेत्रात बिस्मथची विद्युत-रोधकता इतर कोणत्याही धातूपेक्षा अधिक असते. शक्तिशाली चुंबकीय क्षेत्रांचे प्रवर्तन मोजण्यासाठी या गुणधर्माचा उपयोग करता येतो. बिस्मथ वेटोळयाच्या साहाय्याने हे साध्य करतात. बिस्मथ वितळला असता त्याची विद्युत-रोधकता निम्याने कमी होते व ते थंड करताच पुन्हा चट्कन वाढते. (तपमान जर शून्यापासून उणे १८०° सें. ग्रे. पर्यंत नेले तर विद्युत-रोधकता ६० पटींनी वाढते.)

बिस्मथचे रासायनिक गुणधर्म अँटिमनी आणि अर्सेनिक प्रमाणेच आहेत. मूलद्रव्यांच्या कोष्टकात पाचव्या गटात किंवा अधिक अचूक सांगायचे झाल्यास त्याच्या उपगटात उजव्या बाजूला बिस्मथच्या शेजारी ही मूलद्रव्ये आहेत. फरक एवढाच की बिस्मथचे धात्विक गुणधर्म अधिक ठळकपणे जाणवतात. मूलद्रव्यांच्या कोष्टकात बिस्मथची जागा लक्षात घेता असे साहजिकच वाटेल: आवर्ती कोष्टकाच्या खाली डाव्या बाजूच्या कोपऱ्यात मूलद्रव्यांच्या "धात्विक स्तंभा"जवळ बिस्मथची जागा आहे. कोरडया वातावरणात बिस्मथ स्थायी असते, पण दमट वातावरणात त्यावर ऑक्साइडचा अगदी पातळ थर चढतो. १०००° सें. ग्रे. पेक्षा अधिक तपमानास तापविल्यास हा धातू पेट घेतो व सुंदर निळी ज्योत निर्माण होते.

मायकेल फॅरडेने विद्युत-अपघटनासंबंधी प्रमुख नियम सिद्ध केल्यानंतर सुद्धा १५० वर्षांपर्यंत असे समजले जात होते की विद्युत-अपघटनाच्या क्रियेत धातूंचे आयॉन ऋणाग्राकडून धनाग्राकडे जातात. १९७५ मध्ये युक्रेनिअन शास्त्र अकादमीच्या "इन्स्टिटयूट ऑफ जनरल अँण्ड नॉन-ऑरगॅनिक केमिस्ट्री" या संस्थेतील संशोधकांनी असा शोध लावला की काही धातूंचे आयॉन विद्युत-अपघटनाच्या क्रियेत ऋणाग्राकडे जातात. त्यांच्या प्रयोगातील धनाग्र बिस्मथ-पासून बनविण्यात आला होता तर ऋणाग्र निकेलचा होता. विद्युत-अपघटनी म्हणून वितळलेले सोडिअम हायड्रोक्साइड वापरले गेले होते. विद्युतप्रवाह सुरू झाल्यावर थोडयाच वेळात बिस्मथचा धनाग्र आकाराने कमी कमी होऊ लागला व त्यानंतर ऋणाग्राच्या पृष्ठभागावर शुद्ध बिस्मथचे चकचकीत मणी जमा होऊ लागले.

या शोधामुळे फॅरडेचा नियम अवैध मुळीच ठरला नाही. उलट तो अधिक स्पष्ट झाला. बहुतेक धातू धानाग्रावर जमा होतात हे खरेच आहे, पण जर वितळलेले अल्कधातूंचे क्षार आणि अल्कलाईन-मृत्तिका धातू विद्युत-अपघटनी म्हणून वापरले तर बिस्मथ, शिसे, कथील आणि अँटिमनी हे धातू या नियमाला अपवाद ठरतात.

फॅरडेच्या नियमातील या "सुधारणे"मुळे बिस्मथ, शिसे आणि इतर 'दूषित' पदार्थांच्या भेसळीपासून अनेक धातू आणि मिश्रधातू शुद्ध करता

येतील. याकरता जो धातू शुद्ध करावयाचा असतो, तो धनाग्र म्हणून वापरण्यात येतो. अपघटनाच्या क्रियेत भेसळ पदार्थ धातूपासून स्वतःला मुक्त करून घेतात व ऋणाग्रावर जमा होतात. या पद्धतीला धनाग्र-स्वच्छता पद्धत म्हणतात. ही पद्धत फारच किफायतशीर आहे.

धातू आणि बहुतेक सर्व घन पदार्थांमध्ये विशिष्ट प्रकारची स्फटिकी संरचना असते. या संरचनेमध्ये विशिष्ट पद्धतीने अणू बसविलेले असतात. द्रव आणि वायुरूप पदार्थात ही स्थिती आढळत नाही. पाण्याचे उदाहरण आपण पाहू. पाणी म्हणजे H_2O या रेणूंचा एक गुंतवळाच आहे. पण शून्य अंशापर्यंत पाणी थंड केले की बर्फाच्या स्फटिक-जालकाला अनुसरूनच पाण्याचे रेणू जागा घेतात. डोळ्यात न भरणाऱ्या पावसाच्या थेंबाचे अशा रीतीने अतिशय सुरेख हिमतुषार तयार होतात.

अर्थात, सर्वच पदार्थांना स्फटिकी रचना नसते. उदाहरणार्थ, द्रव आणि घन-स्थितीतील काच अस्फटिकी असते. वितळलेले अस्फटिकी धातू स्फटिकी-रचना प्राप्त न करता देखील घन होऊ शकतील? म्हणजेच "धात्विक-काच" तयार होऊ शकेल? केवळ रिकामेपणामुळे शास्त्रज्ञांच्या मनात हा विचार आला असे मुळीच नाही. या प्रकारच्या "धात्विक-काचेमध्ये अद्वितीय गुणधर्म असण्याची शक्यता आहे. पण हे कसे साध्य होणार?

स्फटिकीभवनाच्या क्रियेस वेळ लागतो. या वेळेमध्ये, स्थिर जागा पटकावून स्फटिक जालक तयार होण्यापूर्वी पदार्थाचे रेणू मध्यस्थ अवस्थेतून जात असतात. म्हणजेच मध्यस्थ अवस्था चुकवून त्वरित घनीभवन केल्यास अ-स्फटिकी धातू तयार होऊ शकेल.

अतिशय उच्च निर्वात प्रदेश आणि गोठण तपमान द्रवरूप धातूचे घन धातूत रूपांतर करण्यास पुरेसे आहेत. एखाद्या खोलीमध्ये वरील दोन्ही स्थिती निर्माण करून धातूवर धातूची वाफ सोडल्यास ताबडतोब धातूच्या पट्टीवर 'काचमय पापुद्रा' तयार होईल. असे शास्त्रज्ञांनी सिद्ध केले आहे. असाच एक प्रयोग जेव्हा बिस्मथवर करण्यात आला तेव्हा असे आढळले की काही मायक्रॉन जाडीच्या बिस्मथ "काचे"मध्ये अविश्वसनीय असा चुंबकीय आणि अतिवाहकतेचा गुणधर्म आहे. सर्वसाधारण तपमानातसुद्धा त्यांची विद्युत-रोधकता स्फटिक स्वरूपातील बिस्मथपेक्षा कितीतरी पटींनी कमी होते.

चुंबकत्व आणि अतिवाहकता हे असे निर्णायक महत्त्वाचे गुणधर्म आहेत की, त्याशिवाय आधुनिक तंत्रज्ञानाच्या विविध क्षेत्रातील विकासाचा विचार करणे अशक्य. म्हणूनच "धात्विक काचे"बद्दल (किंवा "काचमय धातू" म्हणा) अभियंत्यांना फारच आपुलकी आहे.

आवर्ती कोष्टकातील अ-किरणोत्सारी मूलद्रव्यांच्या यादीमध्ये बिस्मथ हे बहुदा शेवटचे मूलद्रव्य आहे. "बहुदा" असे म्हणण्याचे कारण की, बिस्म-

थच्या प्रमुख नैसर्गिक समस्थानिकाच्या – बिस्मथ-२०९ च्या – केंद्रकाचे किरणोत्सारी रूपांतर होते असे काही सूक्ष्म प्रयोगांतून आढळले आहे. या समस्थानिकांचा अर्धायुकाल मात्र पृथ्वीच्या वयापेक्षा कित्येक कोटयवधी वर्षांनी अधिक आहे, म्हणूनच त्याला स्थायी म्हटले जाते, पण बिस्मथच्या इतर १९ समस्थानिकांबाबत मात्र असे म्हणणे लागू पडत नाही – त्यापैकी प्रत्येक समस्थानिकाचा अर्धायु-काल काही दिवस इतकाच आहे.

विज्ञानातील अलीकडेच घडलेली एक घटना म्हणजे बिस्मथच्या साहाय्याने मूलद्रव्य क्र. १०७ चे संश्लेषण ही होय. सायक्लोट्रॉनमध्ये ठेवलेल्या बिस्मथच्या लक्ष्यावर क्रोमिअम आयॉनचा मारा करण्यात आला. हा सायक्लोट्रॉन सतत दोन महिने सुरू ठेवण्यात आला होता. त्याचबरोबर सुमारे डझनभर अत्याधुनिक प्रयोगांचे विश्लेषण आणि तुलना करण्यात आली. शेवटी असे स्पष्ट झाले की, बिस्मथच्या केंद्रकात क्रोमिअमचे आयॉन मिसळले असता १०७ क्रमांक असणाऱ्या मूलद्रव्याचा केंद्रक तयार होतो. त्याचा अर्धायु-काल सेकंदाचा दोन-हजारांश भाग इतका असतो.

बिस्मथची मागणी दरवर्षी वाढतच आहे. परिणामी, गेल्या ४० वर्षांमध्ये जागतिक बाजारपेठेत या धातूची किंमत सहा पट वाढली, पृथ्वीच्या कवचामध्ये बिस्मथचे प्रमाण इतर सर्व दुर्मिळ आणि लेश मूलद्रव्यांपेक्षा कमी आहे. असे असले तरी बिस्मथची सत्तरहून अधिक प्राकृतिक खनिजे ज्ञात आहेत. बिस्मथचे बऱ्यापैकी साठे नाहीत हे खरे आहे. शिसे, तांबे, रूपे आणि विस्तृत प्रमाणात विखुरलेल्या धातूंबरोबर उप-पदार्थ म्हणूनच तो मिळविला जातो. या धातूंच्या धातुकामध्ये बिस्मथचे प्रमाण ०.०००१ टक्का एवढेच असते. तास्मानिआ बेटे, पेरू आणि बोलिव्हियातील धातुकांपासून बहुदा ते काढले जाते.

रशियामध्ये पहिल्या महायुद्धाच्या काळात बिस्मथचे उत्खनन करण्यास सुरुवात झाली. या काळात, बिस्मथवर आधारित रोग-निवारक आणि पूतीरोधक औषधांची तीव्र गरज भासू लागली. जर्मनीहून ही औषधे आयात करणे अशक्य झाले होते. रशियन सैन्याच्या आरोग्य आणि स्थलांतर विभागाने शास्त्र अकादमीला रशियामध्ये बिस्मथची धातुके आढळतात काय, आणि असल्यास त्यापासून धातू मिळविणे शक्य होईल का याबाबत विचारणा केली.

ही विनंती, प्रसिद्ध रशियन भू-तज्ज्ञ व्ही. आय. वेर्नादस्की यांच्याकडे पाठविण्यात आली. त्यावेळी रशियाच्या नैसर्गिक उत्पादन कमिशनचे ते प्रमुख होते. अकादमीच्या खनिजशास्त्रीय वस्तुसंग्रहालयातील संबंधित खनिज नमुन्यांचा अभ्यास वेर्नादस्की यांनी केला व बैकाल सरोवरापलीकडील प्रदेशात उत्खननाचे काम करण्याचा निर्णय घेतला. त्यानंतर लगेचच वेर्नादस्की यांचा एक विद्यार्थी, के. ए. नेनादकेविच (पुढे सोविएत शास्त्र अकादमीचे ते संलग्न सदस्य

बनले) यांनी बैकाल सरोवराकडे प्रस्थान ठेवले. त्यांच्या प्रयत्नांना यश लाभले. शेरलोवाया पर्वतात नवीन खनिज (त्यास त्यानी बॅसो-बिस्मथ हे नाव दिले) मिळाल्याचे त्यांनी जाहीर केले. या खनिजामध्ये बिस्मथचे प्रमाण जरा जास्तच होते. बिस्मथच्या उत्पादनामध्ये तो एक उत्कृष्ट कच्चा पदार्थ असल्याचे लक्षात आले. त्यानंतर त्या शास्त्रज्ञास डझनभर बिस्मथ-युक्त खनिजे मिळाली. १९१८ मध्ये बुकुका भागात सापडलेल्या खनिजापासून काही किलोग्रॅम वजनाच्या बिस्मथचे विगालन करण्यात आले.

Fr

दुर्मिळातील दुर्मिळ
(फ्रान्सिअम)

नियमाला अपवाद असतोच – खूप प्रतिक्षा – भाडेकरू कोठे आहे ? – थोडेसे भाकीत – संशोधनाचे दोन दृष्टिकोन – अनपेक्षित किरणे – मृत समुद्राच्या किनाऱ्यावर – सिगरेटच्या राखेत – खोटे शोध – शोध चालू आहे – द्विमार्गी किरणोत्सारिता – रिकामी जागा भरली – क्षणभंगूर जीवन – रसायनशास्त्राला भौतिकशास्त्राची मदत – न्यूक्लिय भडिमाराच्या प्रक्रियेत – किमयागार भयचकित होतील – सोन्याची गरज नाही – एकच दिवा लुकलुकतो – रसायनशास्त्राने पळ काढला – विस्तृत मर्यादेतील विलय बिंदू – अखेर कोंडी फुटली

प्रत्येक नियमाला अपवाद असतोच. शास्त्रीय शोध पुरुष लावतात हा नियम तुम्ही ग्राह्य धरला तर त्या नियमाला सुद्धा तीन महिलांचा अपवाद आहे. या तीन महिला शास्त्रज्ञ म्हणजे पोलोनिअम आणि रेडिअमचा शोध लावणारी मेरी स्क्लोदोवस्का-क्यूरी, ऱ्हेनिअमचा शोध लावणारी इदा नोडॅक आणि फ्रान्सिअमचा शोध लावणारी मार्गारिट पेरे या आहेत.

फ्रान्सिअमचा शोध लागेपर्यंत जगातील सर्व शास्त्रज्ञांना सुमारे ७० वर्षे वाट पहावी लागली. त्याला अनेक सबळ कारणे आहेत. दिमीत्री मेंदेलेयेव जेव्हा मूलद्रव्यांचे आवर्ती कोष्टक तयार करत होता तेव्हा सर्व मूलद्रव्यांचा शोध लागलेला नव्हता. त्यामुळे कोष्टकातील काही जागा त्याला भरता आल्या नाहीत. या रिकाम्या जागा तात्पुरत्या असून ही पोकळी भरून काढणारी मूलद्रव्ये निसर्गामध्ये अस्तित्वात आहेत, पण संशोधकांच्या नजरेत ती अजून यावयाची आहेत याबद्दल त्याला आत्मविश्वास होता. मेंदेलेयेवने या मूलद्रव्यांसाठी आवर्ती कोष्टकात जागा राखून ठेवली, एवढेच नाही तर त्यांचे रासायनिक व भौतिक गुणधर्म पुष्कळ अचूकपणे सांगितले.

मेंदेलेयेवचा शास्त्रीय धूर्तपणा सिद्ध करणाऱ्या अनेक घटना लवकरच घडल्या: १८७५ मध्ये गॅलिअमचा शोध लागला (या मूलद्रव्याचे गुणधर्म, आवर्ती कोष्टकातील त्याच्या वरील मूलद्रव्याप्रमाणे असणार असे सार्थपणे समजून त्यास एका-ॲल्युमिनिअम असे नाव देण्यात आले). १८७९ मध्ये

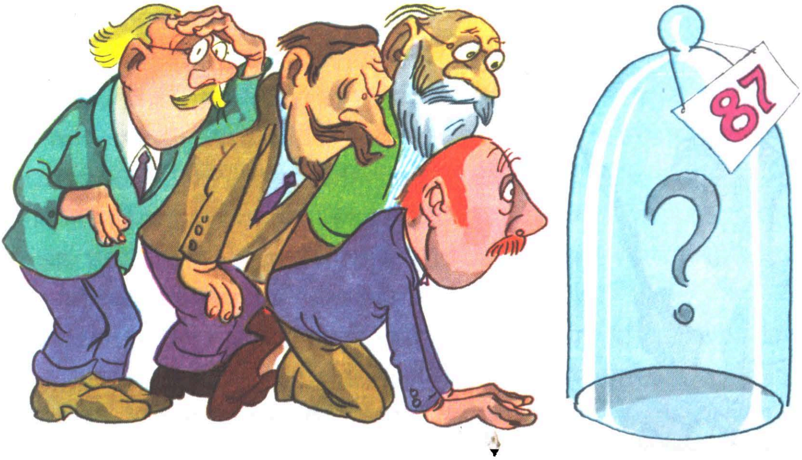
स्कँडिअमचा (एका-बोरॉन) तर १८८६ मध्ये अर्मेनिअम (एका-सिलिकॉन) चा शोध लागला.

१८७१ मध्ये प्रसिद्ध झालेल्या "मूलद्रव्यांची स्वाभाविक प्रणाली आणि अज्ञात मूलद्रव्यांचे गुणधर्म सांगण्यासाठी त्यांचा उपयोग" नामक लेखामध्ये मेंदेलेयेव लिहितो: दहाव्या रांगेतील पहिल्या, दुसऱ्या, तिसऱ्या गटातील प्रमुख मूलद्रव्ये मिळविण्याची आशा अजूनही करता येईल. यापैकी पहिले मूलद्रव्य R_2O हे सूत्र असलेले ऑक्साइड तयार करेल, दुसरे मूलद्रव्य R_2O_2 प्रकारचे, तर तिसरे मूलद्रव्य R_2O_3 प्रकारचे ऑक्साइड संयुग तयार करेल. पहिले व दुसरे मूलद्रव्य अनुक्रमे सिशिअम आणि बेरिअमसारखे असेल व त्याची सर्व ऑक्साइड संयुगे प्रकर्षाने आम्लधर्मी असतील.

अनेक वर्षे निघून गेली. पुष्कळ मूलद्रव्यांचा शोध लागला. पण एका-सिशिअमसाठी राखून ठेवलेल्या ८७ क्रमांकाच्या जागेकरिता खूप प्रयत्न करूनही भाडेकरू मिळत नव्हता. या रहस्यमय मूलद्रव्याने गुप्तरूपाने वावरण्याचा कितीही प्रयत्न केला असला तरी मूलद्रव्यांच्या कोष्टकातील त्याच्या ८७ क्रमांकाच्या स्थानावरून शास्त्रज्ञांना या मूलद्रव्याचे अनेक गुणधर्म ठाऊक झाले होते.

८७ क्रमांकाचे मूलद्रव्य अल्कधर्मी असले पाहिजे यात शंका नाही. मूलद्रव्य लिथीअमपासून जितके अधिक दूर व सिशिअमला जितके जवळ तितक्या अधिक प्रकर्षाने हा गुणधर्म जाणवतो. म्हणून हे मूलद्रव्य खूपच क्रियाशील (सिशि-अमपेक्षा अधिक) असले पाहिजे. हे मूलद्रव्य निसर्गामध्ये फक्त क्षारांच्या स्वरूपातच सापडले पाहिजे. तसेच, इतर अल्क-धातूंच्या क्षारांच्या द्रावणीय-तेपेक्षा त्याची द्रावणीयता सर्वाधिक असेल. लिथीअमपासून जसजसे दूर जावे तसतसा धातूंचा विलय बिंदू कमी होतो (१८०.५° सें. ग्रे. पासून २८.५°सें. ग्रे.) म्हणूनच पाऱ्याप्रमाणे एका-सिशिअम सुद्धा सर्वसाधारण स्थितीत द्रवरूपच असेल. अल्क-धातूंचा आणखी एक वैशिष्टयपूर्ण गुणधर्म (लिथीअमचा अपवाद वगळता) म्हणजे मूलद्रव्याचा अणूक्रमांक जितका अधिक (म्हणजेच, आवर्ती कोष्टकात त्याचे स्थान जितके खाली) तितके त्याचे पृथ्वीच्या कवचातील प्रमाण कमी. सिशिअमचे काही अणूच केवळ निसर्गात सापडतात. म्हणजेच त्याच्या नंतर असणारे मूलद्रव्य क्र. ८७ दुर्मिळातील दुर्मिळ मूलद्रव्य असेल. या मूलद्रव्याच्या उजव्या बाजूकडील मूलद्रव्यांची (मेंदेलेयेव यांच्या लेखात उल्लेख केलेली मूलद्रव्ये) – १९ व्या शतकाच्या अखेरीस शोधलेल्या रेडिअम आणि ॲक्टिनिअमची – किरणोत्सारिता लक्षात घेता एका-सिशिअम सुद्धा किरणोत्सारी आहे असे समजण्यास सबळ कारण आहे.

मूलद्रव्य क्र. ८७ च्या गुणधर्मामुळे त्याचा शोध घेण्यास दोन दिशा मि-ळाल्या, हे मूलद्रव्य अल्क-धातूंच्या खनिजात किंवा खनिजयुक्त पाण्यात अथवा



समुद्रामध्ये सापडेल अशी आशा काही शास्त्रज्ञांना वाटत होती. तर इतर शास्त्रज्ञांनी, एका-सिशिअमच्या शेजारील मूलद्रव्यांच्या किरणोत्सारी ऱ्हासा-मधून या मूलद्रव्याचा शोध घेणे पसंत केले.

१९१३ मध्ये ब्रिटिश रेडिओ रसायनज्ञ क्रॅन्स्टनला ॲक्टिनिअमच्या समस्थानिकात एक क्षीण-अल्फा प्रारण (नेहमीच्या बीटा-प्रारणाबरोबरच) आढळले. न्यूक्लिय विघटनाच्या प्रक्रियेत मूलद्रव्य क्र. ८७ चा समस्थानिक तयार होणे शक्य आहे असेही त्याने सुचविले. त्यानंतर एक वर्षाने ऑस्ट्रियातील मेअर, हेस आणि पॅनेथ यांनासुद्धा अशाच प्रकारचे निष्कर्ष मिळाले. ॲक्टिनिअमच्या समस्थानिकांवर केलेल्या प्रयोगात काही "आगंतुक" अल्फा कण असल्यामुळे त्यांनी नोंद केली: "सहसा बीटा-क्रियाशील असणाऱ्या ॲक्टिनिअम-२२७ मूलद्रव्याच्या अल्फा – ऱ्हासाच्या प्रक्रियेत हे कण आढळले..." अशा प्रकारच्या ऱ्हासातूनच मूलद्रव्य क्र. ८७ चा समस्थानिक मिळत असला पाहिजे. परंतु फक्त सूचना केली म्हणजे वैज्ञानिक सत्य दाखविले असे होत नाही. कारण, त्यामध्ये वादाचे अनेक मुद्दे आहेत. पहिला मुद्दा असा की अल्फा उत्सर्जन इतके क्षीण होते की प्रायोगिक चुकांशी त्याचा काहीच संबंध नाही असे म्हणणे उचित ठरणार नाही. दुसरे असे की, ॲक्टिनिअमच्या समस्थानिकात, निसर्गात त्याच्याबरोबर आढळणाऱ्या प्रोटोॲक्टिनिअमची भेसळ सुद्धा असू शकते. हे मूलद्रव्यसुद्धा अल्फा कण उत्सर्जित करते, शास्त्रज्ञ योग्य मार्गाने संशोधन करीत होते तरीसुद्धा मूलद्रव्य क्र. ८७ च्या शोधाला आणखी २५वर्षे लागली.

१९२५ मध्ये फ्रेंड हा ब्रिटिश संशोधक मृत समुद्रातील अल्क-धातूयुक्त पाण्याचा अभ्यास करण्यासाठी पॅलेस्टाइनना गेला. जर एका-सिशिअम स्थायी असेल तर मृत समुद्रातील पाण्यात ते सापडलेच पाहिजे अशी त्याला खात्री होती. फ्रेंडचा अंदाज खरोखरच तर्कशुद्ध होता. पण क्ष-किरण वर्णपटाने मूलद्रव्य

शोधण्याचा कितीही प्रयत्न केला तरी नाममात्र प्रमाणात सुद्धा ते मिळाले नाही.

वर्णपटीय पद्धत इतर शास्त्रज्ञांनी सुद्धा वापरली. अल्क धातूंच्या गटातील मूलद्रव्य क्र. ८७ चे अगदी जवळचे शेजारी – रुबिडिअम आणि सिशिअम यांचा शोध याच पद्धतीने लागला. समुद्राच्या पाण्यातील क्षारांच्या सहतांमध्येच नाही, तर अत्यंत दुर्मिळ धातूंची खनिजे, आळंबे आणि सिगरेटची राख, जळलेली साखर व नामशेष झालेल्या प्राण्यांची हाडे इत्यादी सर्व वस्तूंमध्ये एका-सिशिअमचे अणू असण्याची शक्यता होती. या सर्व वस्तूंचे वर्णपटीय विश्लेषण करण्यात आले. पण इच्छित निष्कर्ष मात्र मिळाले नाहीत.

एका-सिशिअमच्या शोधात असलेल्या शास्त्रज्ञांनी अनेक वेळा यश मिळाल्याचा दावा केला, पण लवकरच त्यांच्या पदरी निराशा पडत असे. १९२६ मध्ये रासायनिक नियतकालिकांमध्ये ब्रिटिश रसायनज्ञ ड्रूज आणि लोरिंग यांनी केलेल्या संशोधनासंबंधीचे वृत्तांत प्रसिद्ध झाले होते. मँगनीज सल्फेटच्या क्ष-किरण वर्णपटात ८७ क्रमांकाच्या मूलद्रव्याची रेषा मिळाल्याचा त्यांचा दावा होता. त्यांनी मूलद्रव्याला अल्कालिनिअम असे नाव दिले. तीन वर्षांनंतर अमेरिकन भौतिकतज्ज्ञ ॲलिसन यांनी केलेल्या चुंबक-प्रकाशीय निरीक्षणांचे निष्कर्ष प्रसिद्ध करण्यात आले. सॅमरस्काइट, पॉल्युसाइट आणि लेपिडोलाइट या अल्क धातूंच्या दुर्मिळ खनिजांमध्ये मूलद्रव्य क्र. ८७ चे कण मिळाल्याची त्यांना खात्री होती. त्यांच्या मूळ राज्याच्या सन्मानार्थ मूलद्रव्याला व्हर्जिनिअम नाव द्यावे असेही त्यानी सुचविले. १९३१ मध्ये त्यांचे देशबांधव पॅपिश आणि वेनर यांनी सॅमरस्काइटमध्ये व्हर्जिनिअमचे अस्तित्व वर्णपटीय पद्धतीने सिद्ध केल्यासारखे वाटले, पण नंतर असे आढळले की, वर्णपट दर्शकातील कॅलसाइट स्फटिकाच्या दोषामुळे त्या रेषा दिसत होत्या.

१९३७ मध्ये रुमेनिअन रसायनज्ञ हुलुबेने जाहीर केले की त्यास पॉल्युसाइटमध्ये एका-सिशिअम मिळाले. त्यास मोल्डॅव्हिअम नाव द्यावे असेही त्याने सुचविले. पण हाय! आवर्ती कोष्टकातील ८७ क्रमांकाची जागा अल्कॅलिअम, व्हर्जिनिअम अथवा मोल्डॅव्हिअम यापैकी कोणाच्याच नशीबात नव्हती.

किरणोत्सारी सिद्धांताच्या पाठिराख्यांनी सुद्धा शोध चालूच ठेवला होता.

१९२५ मध्ये काळ्या समुद्रावरील युक्रेन भागातील ओडेसा या गावातील रसायनज्ञ डी. दोब्रोसेरदोवने युक्रेनियाच्या रासायनिक नियतकालिकात एक लेख प्रसिद्ध केला. या लेखात एका-सिशिअमच्या काही भौतिक व रासायनिक गुणधर्मांचे विवेचन केले होते. "हे मूलद्रव्य अतिशय किरणोत्सारी असले पाहिजे" असेही त्याने निक्षून सांगितले. पण मूलद्रव्य क्र. ८७ च्या भेसळीमुळे पोटॅशिअम आणि रुबीडिअमची किरणोत्सारिता निर्माण होते असा त्याचा चुकीचा समज झाला. या मूलद्रव्याचा शोध जर रशियन शास्त्रज्ञांनी लावला तर त्यास रशिअम नाव द्यावे असेही त्याने सूचविले.

एका वर्षाने जर्मनीतील हान व हंगेरीतील हेवेसे या प्रसिद्ध रसायनज्ञांना कुतूहलजनक निष्कर्ष मिळाले. ॲक्टिनिअमच्या काही समस्थानिकांच्या किरणोत्सारी श्रेणीचा अभ्यास करत असताना त्यांच्या लक्षात आले की त्यापैकी एका समस्थानिकाच्या अल्फा ऱ्हासातून एका-सिशिअमचा समस्थानिक तयार होतो. अर्थात मूळ पदार्थाच्या लाखो अणूंमध्ये मूलद्रव्य क्र. ८७ चे केवळ काही मोजके अणू सापडतात.

१९३८ मध्ये अशी परिस्थिती असतानाच रेडिअम इन्स्टिटयूट ऑफ पॅरिसमध्ये संशोधन करणाऱ्या मार्गारेट पेरे हीने एका-सिशिअमच्या शोधात सहभाग घेतला. मेरी स्क्लोदोवस्का-क्यूरीची ती विद्यार्थीनी होती. मेअर, हेस आणि पॅनेथ या शास्त्रज्ञांनी पूर्वी केलेले प्रयोग पुन्हा करण्याचे पेरेने ठरविले. कारण, विज्ञानातील नवीन घटना म्हणजे पुष्कळ वेळा फार पूर्वी विसरून गेलेल्या घटनाच असतात. मूलद्रव्य क्र. ८७ बद्दल नेमके हेच घडले.

पूर्वीच्या संशोधकांप्रमाणेच पेरेला सुद्धा अल्फा-कणांचे अस्तित्व जाणवले. प्रोटोॲक्टिनिअमच्या भेसळीमुळे अल्फा-किरणोत्सार मिळत नसून त्यास ॲक्टिनिअमच जबाबदार आहे एवढेच तिला सिद्ध करायचे होते.

सर्व प्रकारची भेसळ आणि किरणोत्सारी विघटनाचे पदार्थ यापासून अतिशय परिश्रमपूर्वक शुद्धीकरण करून पेरेने अतिशय शुद्ध ॲक्टिनिअम मिळविले. या मूलद्रव्याचा २२७ क्रमांकाचा समस्थानिक म्हणजे 'किरणोत्सारी काटा' आहे असे तिला आढळले. याचा अर्थ असा की, या समस्थानिकाचे दोन प्रकारे – बीटा आणि अल्फा-उत्सर्जन होऊन त्याचे विघटन होते. या काटयाची दोन टोके समान नव्हती: हजार उत्सर्जनांमध्ये ॲक्टिनिअमच्या केंद्रकातून अल्फा कणांचे फक्त १२ वेळा उत्सर्जन झाले तर, इतर वेळी त्यामधून बीटा कणांचे (इलेक्ट्रॉन) उत्सर्जन होऊन थोरिअमच्या समस्थानिकात त्याचे रूपांतर झाले. असे असेल तर मग अल्फा उत्सर्जनामुळे कोणता बदल घडून आला?

पेरेने केलेल्या गणनेनुसार अल्फा कणांचे (म्हणजेच हिलिअमचा केंद्रक) उत्सर्जन होताच ॲक्टिनिअम समस्थानिकाचे "वजन" नेमके इतके कमी

झाले की त्याचे मूलद्रव्य-८७ मध्ये रूपांतर झाले. या सर्व प्रयोगाअंती अॅक्टि-निअमच्या ऱ्हासामधून तयार होणारा पदार्थ मिळाला व जड किरणोत्सारी अल्क-धातूंप्रमाणेच त्याची वैशिष्टचे असल्याचा प्रायोगिक पुरावा सुद्धा तिने सादर केला. हा पदार्थ दुसरा कोणता नसून खूप काळ ज्याची प्रतिक्षा केली जात होती ते एका-सिशिअम होते. अगदी अचूक सांगायचे म्हणजे २२३ अणू क्रमांक असलेला एका-सिशिअमचा तो समस्थानिक होता. हा समस्थानिक यापूर्वी कधीही निसर्गात आढळला नव्हता. युरेनिअम-पूर्व ते शेवटचे मूलद्रव्य होते. १९३९ साली या मूलद्रव्याचा शोध लागला. मार्गारेट पेरेने तिच्या मातृभूमीच्या सन्मानार्थ या मूलद्रव्याला फ्रांसिअम नाव दिले.

इतके वर्षे फ्रांसिअमचा शोध का लागला नाही? पहिले कारण म्हणजे निसर्गातील ते सर्वात अस्थायी मूलद्रव्य आहे (युरेनिअमोत्तर मूलद्रव्यांचा अपवाद वगळता). फ्रांसिअमच्या सर्वात आयुष्यमान समस्थानिकाचा (पेरेने ज्याचा शोध लावला) अर्धायुकाल २२ मिनिटे आहे. अशा परिस्थितीत, निसर्गामध्ये फ्रांसिअमचे अवशेष सुद्धा आढळत नाहीत, तर मग बऱ्यापैकी प्रमाणात त्याचे साठे सापडणे तर दूरच. तरीसुद्धा फ्रांसिअमचे काही अणू निसर्गात अस्तित्वात आहेत. किरणोत्सारी विघटनाच्या नियमाचा आधार घेऊन शास्त्रज्ञांनी केलेल्या हिशेबानुसार प्रत्येक ५९७६ $\times$ १०^{१८} टन वजनाच्या पदार्थात ५०० ग्रॅमपेक्षा थोडेसे अधिक फ्रांसिअम आढळते. फ्रांसिअमचा शोध घेणे म्हणजे गवताच्या गंजीमध्ये सुईचा शोध घेण्यासारखे आहे. पण तरीसुद्धा शास्त्रज्ञांना फ्रांसिअमचे भौतिक आणि रासायनिक गुणधर्म ठाऊक आहेत.

हे गुणधर्म जाणून घेण्यासाठी शास्त्रज्ञांना कृत्रिमरित्या फ्रांसिअम मिळवावे लागले. हे फ्रांसिअम सर्व प्रकारच्या भेसळीपासून शुद्ध करून कमीत कमी वेळात आवश्यक प्रयोग व हिशेब करावे लागले.

सुरुवातीला, विविध रासायनिक पद्धतींचा वापर करून फ्रांसिअम मिळ-विण्यात आले. पण त्या सर्व पद्धती क्लिष्ट तर होत्याच पण एकही पद्धत परिपूर्ण नव्हती. रसायनज्ञांच्या मदतीला भौतिकतज्ज्ञ धावून आले तेव्हाच थोडेफार यश मिळाले. सायक्लोट्रॉन तयार करून व आयॉन प्रवेगित करण्याचे तंत्र आत्मसात करून फ्रांसिअम मिळविण्यासाठी काही भौतिक पद्धतींचा विचार करणे शक्य झाले. या पद्धतीत, थोरिअम किंवा युरेनिअमच्या लक्ष्यावर शक्तिशाली प्रोटॉनचा मारा करण्यात येत असे. मॉस्को जवळील दुबना येथील "इन्स्टिटचूट ऑफ जॉइंट न्यूक्लिअर रिसर्च"मधील संशोधकांनी हीच पद्धत वापरली होती. एक ग्रॅम वजनाच्या युरेनिअमवर १५ मिनिटे सायक्लोट्रॉनमध्ये भडिमार केल्यावर ५.१०$^{-१३}$ ग्रॅम फ्रांसिअम मिळाले.

हे फारच अल्प प्रमाण नाही का? सोन्याचीच गोष्ट घेतली तर एक अब्जांश ग्राम सोन्याचे मूल्य पितळेच्या एखाद्या बारीकशा कणा इतके फार

तर असू शकेल. पण विज्ञानाच्या दृष्टिकोनातून फ्रांसिअमचे एवढे अल्प प्रमाण संपत्तीप्रमाणे आहे. कारण त्यामुळे या धातूच्या वैशिष्ट्यांबद्दल बरीच माहिती मिळाली. या परिस्थितीत, धातूची घनता त्याचा विलय अथवा उत्कलन-बिंदू प्रयोगाने निश्चित करणे अशक्य आहे हे समजू शकते. पण आजवर मिळालेल्या माहितीनुसार हे गुणधर्म गणितीय पद्धतीने निश्चित करता येतात.

फ्रांसिअम मिळविण्याची आणखी एक पद्धत म्हणजे शिसे, थॅलिअम, किंवा सोने या लक्ष्यांवर अनुक्रमे बोरॉन, कार्बन आणि निऑनच्या बहुभारित आयॉनचा मारा करणे ही होय. सोन्याचा व्यवसाय करण्याऐवजी त्यावर काही कणांचा मारा करून त्यापासून संशयास्पद मूलद्रव्य मिळते का ते पहावयाचे आणि अशा तऱ्हेने सोने गमवायचे हे पाहून मध्ययुगीन काळातील किमयागार भयचकित झाले असते. पण नेमकी हीच संशयावस्था अथवा हेच अज्ञान शास्त्रज्ञांना अधिकाधिक प्रयोग करून फ्रांसिअमबाबत त्यांचे कुतूहल शांत करण्यास उद्युक्त करीत आहे.

विसाव्या शतकातील "किमयाशास्त्रा"च्या प्रक्रिया कोणत्या? काही मायक्रॉन जाडी असलेला सोन्याचा पत्रा कॅसेटमध्ये ठेवून त्यावर निऑनच्या प्रवेगित आयॉनचा मारा करण्यात येतो. यामुळे न्यूक्लिय अभिक्रियेस सुरुवात होऊन फ्रांसिअम-२१२ चे समस्थानिक तयार होतात. अर्धा तास भडिमार केल्यानंतर सोन्याचा पत्रा कॅसेटसह एका संरक्षित कॅबिनेटमध्ये यांत्रिक हातांच्या साहाय्याने सरकविला जातो. वरवर पाहता सोन्याचा पत्रा पूर्वीप्रमाणेच दिसतो. पण त्यामध्ये फ्रांसिअमचे हजारो अणू तयार झालेले असतात. हे प्रमाण खूपच झाले असे आपण म्हणणार नाही, पण शास्त्रज्ञांना सध्या पदार्थाच्या काही अणूंवरच समाधान मानावे लागते हे सत्य आहे. अमेरिकन शास्त्रज्ञांनी जेव्हा मूलद्रव्य क्र. १०१ (नंतर त्यास मेंदेलेयेव्हिअम असे नाव देण्यात आले) शोधले तेव्हा त्यांना फक्त १७ अणू मिळाले होते व ते सुद्धा एकाच वेळी नाही तर सुमारे डझनभर प्रयोग केल्यानंतरच. (प्रत्येक प्रयोगाअंती एक किंवा दोन अणू मिळाले) या पार्श्वभूमीवर फ्रांसिअमचे हजारो अणू म्हणजे खजिनाच म्हणायचा.

फ्रांसिअम मिळविणे म्हणजे मुख्य कामाची केवळ सुरुवात आहे. ते सोन्यापासून अलग करावे लागते. विभंजनाच्या सर्व पदार्थांपासून स्वच्छ करून मग त्यावर परिश्रमपूर्वक अनेक प्रयोग करावे लागतात. आणि हे सर्व व्याप अगदी अवकाशीय वेगाने करणे जरूरी आहे, कारण सोन्यापासून मिळणाऱ्या फ्रांसिअमच्या समस्थानिकाचा अर्धायुकाल केवळ १९ मिनिटेच आहे.

सर्वप्रथम, आम्लराजामध्ये सोन्याचा पत्रा विरघळविण्यात येतो. "सोने गोळा करणाऱ्या" खास पदार्थाच्या साहाय्याने हा मौल्यवान धातू (या ठिकाणी अगदी निरुपयोगी!) द्रावणामधून अलग करण्यात येतो. प्रयोगातील पुढील

टप्पा म्हणजे उद्दिष्ट साध्य झाले किंवा नाही ते पहाणे. विलक्षित अणू-पद्धतीवर कार्य करणाऱ्या इलेक्ट्रॉनिक साधनांद्वारे खात्री करण्यात येते की सोन्याचा एकही अणू द्रावणात राहिलेला नाही. या द्रावणामध्ये इतर भेसळ सुद्धा असू शकते, ज्यामुळे सर्व चित्र खराब होईल. प्रत्येक क्रिया चालू असताना फ्रांसिअमचा अभ्यास करण्याचा वेळ मात्र कमी-कमी होत असतो. "सोनेविरहीत" द्रावण त्यानंतर अनेक वेळा स्तंभातून नेले जाते. या स्तंभामध्ये फ्रांसिअम व्यतिरिक्त न्यूक्लिय विघटनात तयार झालेले सर्व पदार्थ आधाशीपणे शोषून घेणारा एक पदार्थ असतो. अशा प्रकारे शुद्धीकरण झाल्यावर फ्रांसिअमच्या द्रावणाचा थेंब टेफ्लॉनच्या ताटलीवर खाच्यामध्ये ठेवला जातो. त्यावर शक्तिशाली अवरक्त किरणांचा मारा केला जातो. काही सेकंदानंतर थेंबाचे बाष्पीभवन होऊन फ्रांसिअमचे अणू तबकडीवर शिल्लक राहतात. मूलद्रव्याचे अस्तित्व सिद्ध करण्यासाठी एका संवेदनशील उपकरणाच्या कक्षेत, निर्वात प्रदेशात ही तबकडी ठेवतात. एका छोटयाशा निऑन दिव्यामुळे फ्रांसिअमचे अस्तित्व चटकन लक्षात येते. जर एकच दिवा लुकलुकला तर फ्रांसिअम शुद्ध आहे असे समजावे आणखी दिवे लुकलुकले तर इतर अणूंचे अस्तित्वाचे ते द्योतक आहे. या प्रयोगातील शेवटचा व अत्यंत महत्त्वाचा टप्पा म्हणजे खुद्द फ्रांसिअमचा अभ्यास. हा धातू नाश पावण्यापूर्वीची शेवटची काही मिनीटेच शास्त्रज्ञांजवळ या कामासाठी शिल्लक असतात. अशा प्रकारच्या प्रयोगांना शास्त्रज्ञ विनोदाने "पळपुटे रसायनशास्त्र" असे म्हणतात.

फ्रांसिअमचा शोध लागल्यापासून अनेक प्रयोग आणि हिशेब करण्यात आले आहेत. आज या मूलद्रव्याचे काही मूलभूत भौतिक आणि रासायनिक गुणधर्म ठाऊक झाले आहेत. फ्रांसिअमची घनता २.५ ग्रॅम/सें. मी.^{3} आहे; त्याचा उत्कलन बिंदू ६२०-६३०° सें. ग्रे. आहे. विलय बिंदूबाबत मात्र

भिन्न मतप्रवाह आहेत. पुरेशा प्रमाणात फ्रांसिअम मिळविणे विज्ञानाच्या क्षमते-बाहेर असल्यामुळे अजूनही फ्रांसिअमचा विलय बिंदू निश्चित करणे शक्य झालेले नाही. अर्थात अतिसूक्ष्म प्रमाणातील पदार्थ हाताळण्याचे रेडिओरसायनज्ञांना ज्ञान आहे हे सुद्धा तितकेच खरे आहे. पण, पदार्थाचे प्रमाण जितके कमी, तितका त्याचा विलय बिंदू सुद्धा कमी मिळतो. (उदाहरणार्थ, ०.०१ मायक्रॉन वजनाचे सोन्याचे कण केवळ ८८७° सें. ग्रे. तपमानावर वितळतात. वास्तविक सोन्याचा विलय बिंदू १०६३° सें. ग्रे. आहे) म्हणून, अति-सूक्ष्म प्रमाणातील फ्रांसिअमचा विलय बिंदू मोजला, तर तो अचूक असणार नाही.

फ्रांसिअमचा विलय बिंदू शास्त्रज्ञांनी सैद्धांतिकपणे निश्चित केला आहे. इतर अल्क-धातूंच्या गुणधर्मांची तुलना करून त्यांच्यामध्ये संबंध निर्माण करून त्यानंतर सिद्ध झालेल्या संबंधाची प्रायोगिक माहिती, प्रायोगिक निष्कर्ष न मिळालेल्या प्रदेशात बहिर्वेशन करून निष्कर्ष काढण्यात येतो. पण या पद्धतीने मिळालेले निष्कर्ष फारसे अचूक नसतात. तपमान मोजण्याच्या आधुनिक पद्धतीने ते फारच अचूक मिळू शकतात. म्हणूनच सैद्धांतिक हिशेबांमध्ये नेहमीच फरक आढळतो. फ्रांसिअमच्या विलय बिंदूबाबत पुस्तकांमध्ये पुढीलप्रमाणे भिन्न माहिती (सें. ग्रे.) आढळते – ८, १९, २०, २७, १५ ते २३ इत्यादी.

रासायनिक दृष्टया फ्रांसिअम हा सर्वात क्रियाशील अल्क-धातू आहे. आवर्ती कोष्टकाच्या वरील भागात उजव्या कोपऱ्यातील फ्लुओरिन हे मूलद्रव्य ज्याप्रमाणे अधातूंमध्ये सर्वात क्रियाशील आहे त्याप्रमाणेच धातूंच्या समूहातील फ्रांसिअम हे फ्लुओरिनचे प्रतिविष आहे.

या मूलद्रव्यांचे काही व्यावहारिक उपयोग आहेत? त्याच्या व्यापारी उपयोगांबद्दल आताच काही सांगणे फारच धाडसाचे ठरेल. या मूलद्रव्याचा भविष्यकाळात काही उपयोग होईल याबद्दल निश्चित खुणा जरूर आहेत. या मूलद्रव्याच्या वैशिष्ट्यपूर्ण किरणोत्सारामुळे एखाद्या खनिजात त्याचे "पूर्वज", म्हणजेच ॲक्टिनिअम आहे काय ते ठरविणे शक्य झाले आहे. वैद्यकशास्त्राच्या दृष्टीने फ्रांसिअम नक्कीच उपयोगी आहे. कर्करोगाच्या ऊतकांमध्ये मारक अवस्थेच्या सुरुवातीच्या काळापासूनच ते साचून राहते. या गुणधर्मामुळे कर्करो-गाचे लवकर निदान करण्यासाठी फ्रांसिअमची मदत होऊ शकते.

Ra

अक्षय्य किरण
(रेडिअम)

आख्यायिका काय सांगतात – अमरत्वाकडे आगेकूच – दरदिवशी तीन फ्रँक – कार्याची निश्चिती – थंड प्रयोगशाळेत – महान आश्चर्य – गरजेने बेजार – पॅरिसमधील आवारामध्ये – बोहेमिआकडून सप्रेम भेट – जादूमय राज्य – चार वर्षांनंतर – "मला मानसन्मान नकोत" – किमयाशास्त्राचा विजय ? – बेक्वेरिलची आस्था आणि दुखापत – रहस्यमय धन्वंतरी – केल्व्हिनचा आनंद – नेकलेस आणि प्रयोगशाळा – नोबेल पारितोषिक – पेरी क्यूरीचे निधन – धातुकाच्या ढीगांमधील एक ग्रॅम – जेव्हा युद्ध सुरू होते – खजिन्याची पेटी – रशियन रेडिअम – नर्तकीची निराशा – लहानशी काळी वही

विज्ञान इतिहासात अशा अनेक आख्यायिका आहेत, ज्यामध्ये मोठ्या लोकांना नवनवीन कल्पना कशा सुचल्या आणि खरोखरच काही सेकंदात मोठमोठे शोध कसे लागले याबाबत विवेचन आढळते. आर्किमिडीजला आठवा, आणि तो टबमध्ये आंघोळ करत असताना त्याला काय सुचले ते पहा. झाडावरून पडणारे सफरचंद पाहून न्यूटनने भौतिकशास्त्रात एका महत्त्वपूर्ण नियमाची – गुरुत्वाकर्षणाच्या जागतिक नियमाची – भर घातली.

अर्थात, सर्वच शोध इतक्या सहजपणे लागलेले नाहीत. पण काही गोष्टींचे अवलोकन करण्यासाठी डोळसपणा लागतो. थोडक्यात सांगायचे म्हणजे अनेक लोकांच्या अंगावर सफरचंदे पडतात. पण फक्त न्यूटनलाच ही घटना पाहून महत्त्वाचे निष्कर्ष काढता आले. आणि डोंगर उतारावरून बर्फाचा कडा कोसळून जे परिणाम घडतात त्याप्रमाणेच या निष्कर्षांचे परिणाम होते.

कधी कधी शास्त्रीय शोध लागण्यापूर्वी अनेक महिने अथवा वर्षे कष्टप्रद संशोधन करावे लागते. एका मागोमाग एक असे असंख्य प्रयोग करणे जरूरी असते. या कार्याचे स्वरूप एखाद्या शौर्याचे गुणगान गाणाऱ्या महाकाव्याप्रमाणे असते. निसर्गातील सर्वात महत्त्वाच्या मूलद्रव्याचा – रेडिअमचा – शोध हे अशा प्रकारचे एक ठळक उदाहरण आहे. मेरी स्क्लोदोवस्का-क्यूरी व तिचे पती पेरी क्यूरी यांनी हा शोध लावला. म्हणूनच रेडिअमची कथा म्हणजे

विज्ञानाच्या प्रगतीसाठी या दोन शास्त्रज्ञांनी केलेल्या नि:स्पृह कार्याची यशोगाथा आहे.

...तिच्या आगगाडीच्या प्रवासाचा आजचा तिसरा दिवस होता. तिची मातृभूमी – पोलंड खूपच मागे पडले होते. जर्मन भूमी १०० मैलांवर होती व त्यापुढे होते पॅरिस. ही नम्र स्वभावाची पोलिश मुलगी प्रसिद्ध सॉरबोन शहरात प्रवेश करतेवेळी तिच्या नशीबात काय-काय घडणार होते? विद्यापीठातील शिक्षण पूर्ण करून मायदेशी येऊन शाळेमध्ये भौतिकशास्त्र शिकविण्याचा तिचा मानस होता. तिचा हा साधा कार्यक्रम साध्य होणार नव्हता हे तिच्याप्रमाणेच जगातील इतर कोणालाच ठाऊक नव्हते. मेरीच्या नशीबात काही वेगळेच लिहिले होते. पॅरिसकडे जाणाऱ्या गाडीत पाऊल ठेवल्यापासूनच मेरी स्क्लोदोवस्का-क्यूरीने तिला अमरत्वाकडे नेणाऱ्या लांब व दु:साध्य मार्गावर वाटचाल सुरू केली होती. या मार्गानेच तिला इतिहासातील महान व्यक्तींच्या यादीत नेऊन बसविले.

पॅरिसमधील मेरीचा दिनक्रम सुरू झाला होता. तिला सर्वमान्यता आणि प्रसिद्धी मिळण्यासाठी अद्यापी बऱ्याच वर्षांचा अवधी होता. जेवणखाण, कपडे, पुस्तके, वह्या विकत घेण्यासाठी आणि भाडे चुकते करण्याकरिता ती दरदिवशी फक्त तीन फ्रँक खर्च करत असे. विद्यापीठाकडे जाणारी बसगाडी सुद्धा तिच्या दृष्टीने चैन होती. हवामानाची तमा न बाळगता ती चालतच जात असे. रात्रीसाठी रॉकेल शिल्लक रहावे म्हणून संध्याकाळ होताच ती सेंट जीनेव्हीव बिब्लिऑथ्कडे धाव घेत असे. ते बंद होईपर्यंत म्हणजे १० वाजेपर्यंत तेथे ती काम करे. त्यानंतर माळयावरील तिच्या खोलीत दोन वाजेपर्यंत रॉकेलच्या दिव्याच्या प्रकाशात ती अभ्यास करायची. अनेक आठवडे तिचा रोजचा आहार चहा, पाव आणि लोणी असे किंवा कधी कधी मुळे, अथवा मूठभर चेरीची फळे एवढाच.

सोरबोनमध्ये अभ्यासक्रम तिने यशस्वीरीत्या पूर्ण केला. भौतिकशास्त्रातील आणि गणितातील पदविका तिने मिळविल्या, त्यावेळी आपल्या भावाला लिहिलेल्या पत्रात ती म्हणते, "मला वाटते, आपल्यापैकी कोणाच्याच नशीबात सरळ, सुखी जीवन नाही. प्रत्येकाने परिश्रम करावयास हवेत, आणि सर्वात महत्त्वाचे म्हणजे स्वत:बद्दल आत्मविश्वास पाहिजे. प्रत्येकाजवळ निर्धार हवा की, अमुक एक गोष्ट आपण करू शकतो. आणि कितीही किंमत मोजून आपण ती गोष्ट साध्य केलीच पाहिजे."

१८९५ मध्ये मेरीच्या जीवनात एक महत्त्वाची घटना घडली, त्यावेळी प्रसिद्ध असलेल्या पेरी क्यूरी या भौतिकतज्ज्ञाशी ती विवाहबद्ध झाली. तेव्हापासून शास्त्रीय संशोधन म्हणजे त्यांच्या जीवनातील एक नित्यक्रम व अविभाज्य अंग बनले. रेडिअमच्या शोधाला आता फक्त तीनच वर्षे बाकी होती.

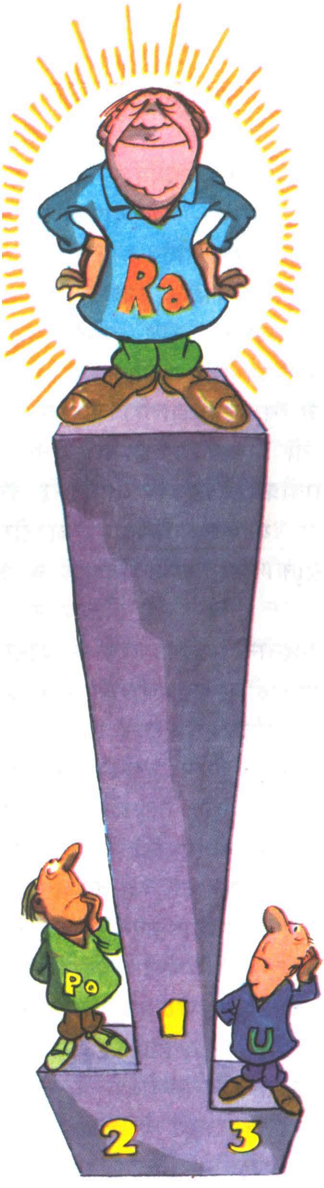
१८९६ मध्ये इरेनाच्या जन्मामुळेसुद्धा मेरीच्या संशोधनकार्यात खंड पडला नाही. तिच्या पतीच्या प्रयोगशाळेत ती प्रयोग करीत असे. शिवाय सोरबोन येथील भौतिकशास्त्राच्या शाळेत ती शिक्षिकेचे काम करू लागली. त्याचवर्षी तिने प्रबंध लिहिण्यास सुरुवात केली. युरेनिअम आणि त्याच्या संयुगांमधून उत्सर्जित होणाऱ्या रहस्यमय किरणांबाबत तिला फारच उत्सुकता निर्माण झाली. या किरणांचा शोध बेक्वेरेलने लावला होता. या विषयातच संशोधन चालू ठेवण्याचे क्यूरी दांपत्याने ठरविले.

या किरणांच्या अभिवाहाचे प्रमाण मोजण्यासाठी तिच्या पतीने एक उपकरण तयार केले होते. या उपकरणाच्या साहाय्याने तिने हजारो नमुन्यांचा अभ्यास केला. अतिशय कठीण परिस्थितीत तिने हे कार्य केले. तिची दमट खोली प्रयोग करण्याच्या दृष्टीने योग्य नव्हती. तेथील सामुग्री फारच जुजबी होती. हिवाळ्यातील एके दिवशी प्रयोग शाळेतील नोंदवहीत तिने एक नोंद केली. तिचा मितभाषीपणा सिद्ध करणारी ती नोंद होती – "आजचे तपमान ६.२५° सें. ग्रे. आहे."

पण मेरी क्यूरीची चिकाटी धक्कादायक होती. अडचणींना ती मुळीच घाबरली नाही. युरेनिअमच्या संयुगांपेक्षा शुद्ध युरेनिअममध्ये किरणोत्सारिता अधिक आढळते असा सिद्धांत बेक्वेरेलने मांडला होता. शेकडो प्रयोग करून मेरीने या सिद्धांतावर शिक्कामोर्तब केले. पण नंतर सुद्धा तिने अधिकाधिक नमुने तपासण्याचे काम चालूच ठेवले. सरतेशेवटी महान आश्चर्याचा दिवस उजाडला. चाकोलाइट व बोहेमिआतील पिचब्लेंड या दोन युरेनिअम खनिजां-मध्ये युरेनिअमपेक्षाही अधिक किरणोत्सारता असल्याचे तिच्या उपकरणाने दाखविले, हा निष्कर्ष स्वयंसिद्ध होता: या खनिजामध्ये असे एक (अथवा अधिक) अज्ञात मूलद्रव्य आहे जे युरेनिअमपेक्षाही अधिक किरणोत्सारी आहे. या दोन्ही खनिजांचे अक्षरशः तुकड्या-तुकड्याने विश्लेषण करून क्यूरी दाम्प-त्याने निष्कर्ष काढला की, त्यामध्ये दोन नवीन मूलद्रव्ये आहेत. त्यापैकी एक मूलद्रव्य ओळखण्यात ते यशस्वी ठरले. मेरीच्या मातृभूमीच्या सन्मानार्थ त्यास पोलोनिअम हे नाव देण्यात आले.

त्यानंतर, कठोर परिश्रमांचा आणखी एक कालखंड पार पडला, १८९७ मध्ये या शास्त्रज्ञांनी दुसरे मूलद्रव्य शोधले. या मूलद्रव्याची किरणोत्सारिता युरेनिअमपेक्षा लाखो पटींनी अधिक होती. त्यातून उत्सर्जित होणाऱ्या अक्षय्य किरणोत्सारामुळे मूलद्रव्याला रेडिअम (रेडिअस या लॅटिन शब्दाचा अर्थ "किरण" असा होतो) नाव बहाल करण्यात आले.

पोलोनिअम आणि रेडिअमचा शोध लागला खरा, पण ही मूलद्रव्ये कोणीच पाहिलेली नव्हती. ही दोन मूलद्रव्ये जगाला दाखविण्यास शास्त्रज्ञांना आणखी चार वर्षे परिश्रम करावे लागले.



अतिशय किरणोत्सारी पदार्थांमध्ये सुद्धा या मूलद्रव्यांचे अत्यल्प प्रमाण असते. म्हणजेच, ही दोन्ही मूलद्रव्ये वेगळी करण्यासाठी कित्येक टन कच्च्या मालावर प्रक्रिया करावी लागणार व खूप पैसा ओतावा लागणार. हा पैसा आणायचा कोठून?

एका ऑस्ट्रियन भौतिकशास्त्रज्ञाची क्यूरी दांपत्याने भेट घेतली. बोहेमिआमध्ये युरेनिअम धातुकापासून युरेनिअमचे निष्कर्षण करण्यात येत असे. त्या युरेनिअमपासून संयुगे तयार करून चिनीमातीच्या उत्पादनात रंगद्रव्य म्हणून त्याचा उपयोग होत असे. या धातुकातील काही वाया गेलेले पदार्थ वाजवी किंमतीत मिळवून देण्याची विनंती क्यूरी दाम्पत्याने केली.

पुढील कार्यासाठी पुरेशी जागा सुद्धा क्यूरी दांपत्याला हवी होती. अज्ञात मूलद्रव्यांचा शोध घेण्याचे काम जेथे सुरू झाले ती जागा फारच तोकडी होती. सॉरबोन मंडळाने शास्त्रज्ञांना मदत करण्याचे नाकारले व क्यूरी दांपत्यास सांगितले की एखादी प्रयोगशाळा देणे "शक्य" दिसत नाही. जवळच्याच एका आवारामध्ये एक सोडून दिलेली शेड होती. ती कोणाच्याच मालकीची नसावी. क्यूरी दांपत्याने ती शेड विकत घेतली.

लाकडाच्या फळ्यांपासून तयार केलेल्या भिंती, जमिनीऐवजी डांबरी पृष्ठभाग, पावसाळ्यात गळणारे काचेचे छप्पर, एकत्रित ठेवलेली काही टेबले, इथूनतिथून गंजलेला, पाईप असलेला स्टोव्ह आणि एक फळा—अशी

त्यांच्या प्रयोगशाळेची अवस्था होती. या जागेत त्यांना अनेक वर्षे काम करावे लागले. व चमकणाऱ्या मूलद्रव्याच्या काही कणांचा शोध त्यांनी घेतला. तरी सुद्धा मेरी क्यूरी म्हणते, "त्या मोडकळीस आलेल्या शेडमध्येच आम्हाला आमच्या जीवनातील सर्वात सुखी आणि आनंदी काळ अनुभवास आला. या काळात आम्ही आमच्या कार्याला पूर्णपणे वाहून घेतले होते."

नवीन प्रयोगशाळा उभारण्यात क्यूरी दांपत्य मग्न असतानाच ऑस्ट्रिया-मधून एक आनंदाची बातमी आली – व्हिएन्ना शास्त्र अकादमीच्या विनंतीवरून ऑस्ट्रियाच्या सरकारने युरेनिअम धातुकाच्या खाण – व्यवस्थापकाला अनेक टन युरेनिअम – कचरा पॅरिसला पाठविण्यास सांगितले होते.

त्यानंतर काही दिवसांनी एका अल्हाददायक सकाळी (त्या दिवशी पाऊस पडत होता आणि वाऱ्यांमुळे घरांवरील पत्रे खडखडत होते तरीसुद्धा मेरीला तो दिवस आल्हाददायक वाटत होता) एक घोडागाडी भौतिकशास्त्रीय शाळे-समोर थांबली. त्यामधून पोती उतरविण्यास सुरुवात झाली. मेरीचा आनंद गगनात मावेना. फार मोठ्या संपत्तीची ती मालकीण झाली होती. त्या पोत्यांमध्ये रस्त्याच्या बाजूला असणाऱ्या मातीप्रमाणे गडद, तपकिरी रंगाची माती होती. या मातीतच रेडिअम लपले होते. या कच्च्या पदार्थाच्या ढीगातून रेडिअम शोधणे म्हणजे खरोखरच कष्टप्रद होते. पण जास्त विचार न करता दोघांनीही लगेच कामाला सुरुवात केली.

पोलोनिअम आणि रेडिअम रासायनिक पद्धतींनी अलग करण्यास दोघांनीही आरंभ केला. त्यांच्या लक्षात आले की कामाची विभागणी केल्यास अधिक सोयीस्कर ठरेल. धातुकावर प्रक्रिया करून रेडिअमचे क्षार मिळविण्याच्या कामास मेरीने सुरुवात केली, तर नवीन धातूचे गुणधर्म ठरविण्याच्या दृष्टीने पेरीने पाऊल उचलले.

विषारी वायू बाहेर पडावेत यासाठी त्या शेडमध्ये धुराडी नव्हती. बऱ्याच वेळा वायूंच्या धुरामध्ये अडकलेली मेरी काम करताना दिसत असे. परंतु हिवाळयात आणि खराब हवेत सुद्धा खिडक्या उघडया ठेवून तिने संशोधन कार्य सुरू ठेवले. क्यूरी म्हणते "प्रत्येक दिवशी २० किलोग्रॅम पदार्थावर मला प्रक्रिया करावी लागत होती. परिणामी आमची प्रशस्त शेड गाळ व द्रावणांच्या पिंपांनी भरून गेली होती. ते अगदी कष्टदायक काम होते: "पोती आणि भांडी उचलणे, एका भांड्यातून दुसऱ्या भांड्यात द्रावण ओतणे व कढयांमध्ये उकळणारे पदार्थ लोखंडाच्या झाऱ्याने सतत ढवळत राहणे हे ते काम होते." (काही वर्षांनंतर जेव्हा मेरीच्या समक्ष एका व्यक्तीने तिच्या कामाचे वर्णन "स्वार्थत्याग" असे केले, तेव्हा मेरीने आक्षेप घेतला व म्हणाली "स्वार्थ-त्यागाच्या काय गप्पा करता आहात तुम्ही? ते सर्व काम फारच आकर्षक होते.")

एक ना एक दिवस आपण रेडिअम प्रत्यक्ष पाहूच अशी स्वप्ने क्यूरी दांपत्य नेहमीच रंगवित असे. स्वप्नात तरी हे मूलद्रव्य फारच सुरेख होते! काही महिन्यानंतर त्यांना आढळले की रेडिअम केवळ सुरेखच नाही तर ते प्रकाश सुद्धा विखुरते. अंधार पडल्यावर रोज ते शेडमध्ये जात. टेबल आणि बेंचेसवर दाटीदाटीने ठेवलेली काचेची पात्रे आणि परीक्षा-नळयांमधील रेडिअमने समृद्ध असलेल्या पदार्थानी उत्सर्जित केलेल्या निळसर हिरव्या किरणांनी त्यांची शेड प्रकाशमान होई. जुन्या भिंती अंधारात जणू लुप्त होऊन रेडिअमच्या राज्याला वाट मोकळी करून देत असत. हे सर्व दृश्य क्यूरी दांपत्य अगदी डोळे भरून पहात असे.

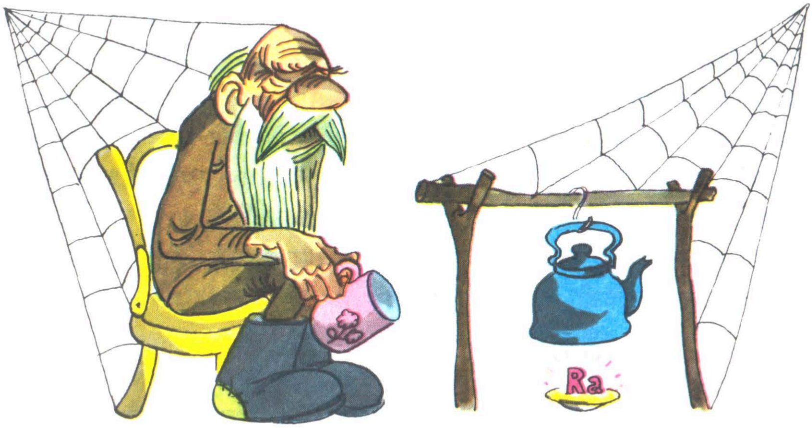
अनेक दिवस, आठवडे आणि महिने उलटले. पण अजूनही नवीन धातू मिळाला नव्हता. आणि त्यात काहीच आश्चर्य नव्हते. कारण ज्या परिस्थितीत ते काम करीत होते तेथील रासायनिक प्रक्रियांचा प्रचंड व्याप पाहता ती परिस्थितीच प्रतिकूल होती. एकदा तर पेरीने असे सुचविले की काही दिवसां-करता काम थांबवून थोडेसे सैद्धांतिक संशोधन करावे, त्यानंतर कमी खर्चात आपले उद्दिष्ट साध्य करण्यासाठी योग्य वेळेची वाट पहावी. पण मेरी फारच खंबीर होती व शेवटी पेरीने हा विचार सोडला.

सरतेशेवटी त्यांच्या कर्मयोगाला फळ मिळाले. रेडिअमचे अस्तित्व क्यूरी दांपत्याने जाहीर केल्यानंतर चार वर्षांनी म्हणजे १९०२ मध्ये रेडिअम क्लो-राइडचा एक कण अलग करण्यात मेरी यशस्वी झाली. या क्षाराच्या वर्णपटातून सुद्धा नवीन मूलद्रव्याचे अस्तित्व सिद्ध झाले. हा कण एक ग्रॅमपेक्षा कमी वजनाचा होता खरा, पण रेडिअमच्या शोधाला अधिकृत मान्यता मिळवून देण्यास पुरेसा होता.

वेळ घालवायला त्यांना वेळ होताच कुठे? क्यूरी दांपत्याने लगेच त्यांच्या अद्वितीय मूलद्रव्याचे गुणधर्म तपासण्यास व त्याचा काही उपयोग होतो का याची चाचणी घेण्यास सुरुवात केली. यासाठी त्यांना पैशाची जरूरी होती. त्यांनी अतिशय शानदार वैज्ञानिक विजय मिळविला असला तरीसुद्धा त्यांना पैशाची चणचण भासत होती.

नवीन मूलद्रव्यावर मोठ्या प्रमाणात प्रयोग करण्यासाठी त्यांना नव्या प्रयोगशाळेची गरज होती. पण परिस्थितीची साथ त्यांना नव्हती. याचवेळी "ऑर्डर ऑफ लिजन ऑफ ऑनर" या सन्मानासाठी पेरी क्यूरीचे नाव त्याच्या विद्याशाखेने सुचविण्याचे ठरविले. पण यासंबंधात विद्याशाखेच्या प्रमु-खाला पेरी क्यूरीने कळविले: "सन्माननीय मंत्र्यांना आपण माझी कृतज्ञता सांगावी. त्यांना असेही सांगा की, आज मला मान-सन्मानाची गरज नसून प्रयोगशाळेची सक्त गरज आहे."

त्यांच्या जुनाट शेडमध्ये सुद्धा रेडिअमबाबत माहिती मिळविण्यात त्यांनी



बरीच प्रगती केली. इतर गोष्टींबरोबरच त्यांना असेही आढळले की रेडिअम-मधून केवळ प्रारणांचेच उत्सर्जन होत नसून उष्णता सुद्धा बाहेर पडते. एक ग्रॅम रेडिअममधून तासाभरात इतकी उष्णता बाहेर पडते की त्यामुळे एक ग्रॅम बर्फ सहज वितळेल.

रेडिअमच्या संपूर्ण अस्तित्वकाळात (हळूहळू त्याचे विघटन होऊन इतर मूलद्रव्यात रूपांतर होते.) एक ग्रॅम रेडिअमची उष्णता अर्धा टन कोळशाच्या ज्वलनातून निर्माण होणाऱ्या उष्णतेइतकी असते. पण रेडिअमच्या संपूर्ण विघटनाला २०००० वर्षे लागतात.

समजा, चिमूटभर रेडिअम क्षार काचेच्या नळीत ठेवून नळी सीलबंद केली आणि काही दिवसांनी या नळीतील हवा दुसऱ्या सीलबंद नळीत काढून घेतली तर या नळीमध्ये खुद्द रेडिअम क्षारांप्रमाणेच हिरवट-निळा प्रकाश उत्सर्जित होताना दिसेल. या आविष्काराने रुदरफोर्ड, सॉडी आणि रॅम्से या ब्रिटिश शास्त्रज्ञांचे लक्ष वेधून घेतले. या आविष्काराचे स्पष्टीकरण देताना त्यांनी सांगितले की रेडिअमपासून निर्माण होणाऱ्या नवीन वायुरूप किरणोत्सारी पदार्थामुळे हे प्रारण घडून येते. १९०३ मध्ये त्यांना असेही आढळले की, रेडिअमचे प्रसर्गामध्ये रूपांतर होत असताना (रेडॉन या नावाने नंतर ओळखल्या गेलेल्या वायूला हे नाव देण्यात आले होते) हिलिअम नामक एका वायूचे उत्सर्जन होत असते. ब्रिटिश शास्त्रज्ञांच्या या कार्यामुळे मूलद्रव्यांच्या किरणोत्सारी रूपांतरणाच्या सिद्धांताचा पाया घातला गेला. (युरेनिअमच्या किरणोत्सारी ऱ्हासातूनच रेडिअम तयार होते म्हणूनच युरेनिअम खनिजांच्या अभ्यासात ते सर्वप्रथम मिळाले.)

अशा तऱ्हेने एका मूलद्रव्याचे दुसऱ्या मूलद्रव्यात उत्स्फूर्त रूपांतर झाले. यावरून आपण असा निष्कर्ष काढायचा काय की, मध्ययुगीन काळातील

किमयागारांची हीन धातूचे सोन्यामध्ये रूपांतर करण्याची कल्पना अगदीच वेडगळ नव्हती? ही कल्पना मुळीच वाईट नव्हती. पण हे अद्‌भुत प्रकार शक्य होऊ शकतात हे मानवाने सिद्ध करण्यापूर्वी, तसेच ते का शक्य आहेत हे उमजण्यापूर्वी व प्रयोगाने सिद्ध करण्यापूर्वी युगेनयुगे जावी लागली.

मध्यंतरीच्या काळात फ्रान्समधील रेडिअमच्या अभ्यासाने वेगळेच वळण घेतले. डॉक्टरमंडळींनी रेडिअममध्ये स्वारस्य घेण्यास सुरुवात केली. पण रेडिअममुळे त्वचा भाजते असे त्यापूर्वीच लक्षात आले होते. रेडिअमच्या या मूलद्रव्याच्या उजव्या बाजूकडील मूलद्रव्यांची (मेंदेलेयेव यांच्या लेखात स्वतःचा हात अनेक तास धरला. त्यानंतर त्याची त्वचा प्रथम लाल झाली व नंतर त्या ठिकाणी जखम झाली. ही जखम बरी होण्यास दोन महिन्यांपेक्षा अधिक कालावधी लागला. बेक्वेरेलला सुद्धा रेडिअममुळे भाजले होते, मात्र त्याने स्वखुषीने हा प्रयोग केला नव्हता. रेडिअम असलेली परीक्षा-नळी जाकिटाच्या खिशामध्ये ठेवली असता त्याला एकाएकी भाजल्याच्या तीव्र वेदना होऊ लागल्या. ही घटना क्यूरी दांपत्याला सांगताना त्याने शेरा मारला, "मला रेडिअम आवडते, पण त्याने मला दुखविले आहे."

पॅरिसमधील डॉक्टरांच्या मदतीने पेरी क्यूरीने अनेक प्रयोग केले. त्या प्रयोगात त्यांनी प्राण्यांवर किरणीयन केले. त्यांना अतिशय आश्चर्यकारक निष्कर्ष मिळाले. रेडिअमने शरीरामधील मारक-उतींचा नाश करून त्वचेचा कर्करोग बरा केला होता. या रोगावर इतर औषधांचा काहीच परिणाम होत नसे. लवकरच पॅरिसच्या हॉस्पिटलमधील रोग्यांना सुद्धा स्वतःच्या अनुभवावरून रेडिओ-चिकित्सेची क्षमता ठाऊक झाली.

सुरुवातीला क्यूरी पती-पत्नी रेडिअम-प्रसर्गाच्या नलिका डॉक्टरांना पुरवित असत. पण कर्करोगावरील या नवीन उपायाला इतका प्रचंड प्रतिसाद मिळाला की वाढती मागणी पुरी करणे त्यांच्या प्रयोगशाळेला शक्य झाले नाही.

रोग बरा करण्याच्या रेडिअमच्या गुणधर्माने उद्योगपतींचे सुद्धा लक्ष वेधून घेतले. अमेरिकेतून क्यूरी दांपत्याला एक पत्र आले. बफेलो येथे रेडिअमचा कारखाना उभारण्याची योजना त्यामध्ये मांडली होती. रेडिअम-उत्पादनाच्या विविध वैशिष्टयांबद्दल सुद्धा पत्रामध्ये विचारणा होती. रेडिअम उत्पाद-

नाच्या पद्धतीचे सर्वाधिकार मिळवून त्याचे औद्योगिक धर्तीवर उत्पादन करण्याचे सर्व हक्क क्यूरी दांपत्याला मिळविता आले असते. त्यांना पैशाची गरज होती व भरपूर आर्थिक फायदा ते मिळवू शकले असते. पण जातिवंत शास्त्रज्ञ असल्याकारणाने रेडिअमला स्वत:च्या मालकीची संपत्ती मानण्यास ते तयार नव्हते. बफेलोला त्यांनी पत्र पाठवून धातुकापासून रेडिअम अलग करण्याच्या पद्धतीचे सविस्तर वर्णन केले. रेडिअमच्या अद्‌भुत किरणांमुळे अधिकाधिक लोकांचा लवकरच फायदा होणार आहे या कल्पनेनेच त्यांना फार आनंद झाला होता.

युरोपमध्ये सुद्धा वैद्यकीय उपयोगासाठी रेडिअमचे उत्पादन करण्यासाठी फ्रेंच उद्योगपती द लिली यांनी एक कारखाना उभारला. या सुशिक्षित व पुरोगामी व्यक्तीने किरणोत्साराच्या अभ्यासाला संपूर्णपणे वाहिलेले "रेडिअम" नावाचे मासिकसुद्धा प्रसिद्ध करण्यास सुरुवात केली.

पण यापूर्वी क्यूरी पती-पत्नीच्या जीवनात काही महत्त्वाच्या घटना घडल्या. १९०३ हे वर्ष अनेक बाबतीत कलाटणी देणारे वर्ष ठरले. जून महिन्यात मेरीने तिच्या संशोधनात्मक प्रबंधाचे जोरदार समर्थन केले. त्यानंतर लंडन रॉयल सोसायटीने रेडिअमबाबत वृत्तांत देण्यासाठी पेरीला आमंत्रित केले. लंडनमध्ये येताच क्यूरी दांपत्याचे उत्साहाने स्वागत झाले. लंडनमध्ये त्यांना भेटलेल्या अनेक प्रतिष्ठित व्यक्तींमध्ये लॉर्ड केल्व्हिन यांचा समावेश होता. अतिशय प्रसिद्ध असलेल्या लॉर्ड केल्व्हिनला फ्रेंच भौतिकतज्ज्ञांशी मैत्री करण्यात अभिमानच वाटला. क्यूरी दांपत्याने त्यास रेडिअमची एक नलिका भेट दिली. अतिशय भारावलेला लॉर्ड केल्व्हिन आपल्या सहकाऱ्यांना ही अमूल्य भेट दाखविताना मुळीच थकला नाही.

ब्रिटिश वैज्ञानिक क्षेत्रातील विद्वत्‌जन पेरी क्यूरीच्या वृत्त वाचनाच्या वेळी हजर होते. या वृत्तांतात पेरीने रेडिअमच्या ठळक "क्षमते"चे गुणगान केले: या मूलद्रव्यातील सुप्त शक्तीमुळे झिंक सल्फेटमध्ये बुडविलेला पडदा चमकतो, काळ्या कागदात गुंडाळलेल्या फोटोग्राफिक प्लेटवर सुद्धा त्याचा परिणाम होतो, दूर अंतरावरून विद्युत-दर्शक विसर्जित होतो व आजूबाजूची हवा उबदार होते.

अपेक्षेपेक्षा बरेच अधिक यश पेरीला मिळाले. "प्राध्यापक आणि श्रीमती क्यूरी"वर राजेशाही लंडन शहराच्या नजरा खिळून राहिल्या. सर्व सन्माननीय व्यक्तींच्या उपस्थितीत त्यांना शाही मेजवानी देण्यात आली. अशा प्रकारच्या प्रसंगांची सवय नसल्यामुळे या नम्र दांपत्याला उच्चस्तरातील लोकांमध्ये वावरताना संकोचल्यासारखे झाले. मेरीजवळ तर लग्नातील अंगठी सुद्धा नव्हती. त्यामुळे उंची पोषाख व पुष्कळ जड-जवाहिरे ल्यालेल्या सुंदर स्त्रियांमध्ये तिला फारच संकोच वाटला. एकदा मेरीने पेरीकडे चोरून कटाक्ष टाकला तेव्हा तिच्या लक्षात आले की तिचा नवरा इतर स्त्रियांच्या अंगावरील हिरे,

मोती व सोन्याचे गुपचूप अवलोकन करण्यात गुंतला होता. हे जरा अनपेक्षितच होते. पेरीने नंतर स्पष्ट केले, "मला काहीतरी विरंगुळा मिळेपर्यंत काय करावे सुचत नव्हते. प्रत्येक स्त्रीच्या गळयातील मौल्यवान रत्नांच्या बदल्यात किती प्रयोगशाळा विकत घेता येतील त्याचा हिशेब मी करत होतो."

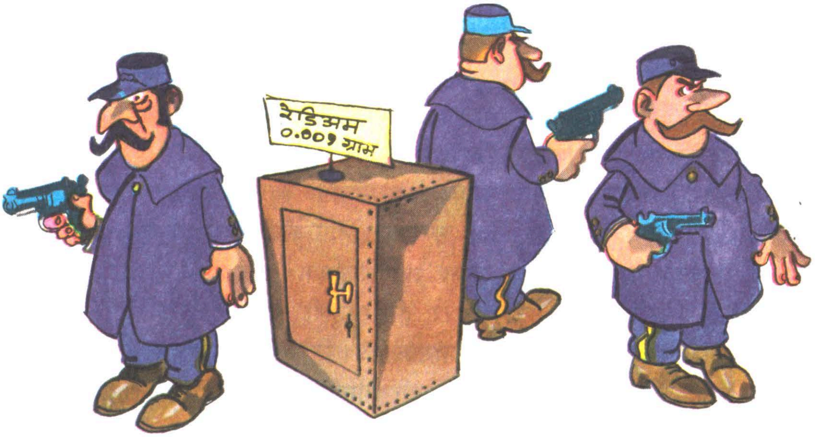
त्यानंतर लवकरच लंडन रॉयल सोसायटीने क्यूरी दांपत्याला सुवर्ण-पदक बहाल केले. त्याचवर्षी (१९०३) नोव्हेंबर महिन्यात हेन्री बेक्वेरेलसह विज्ञानातील सर्वोच्च पारितोषिक – नोबेल पारितोषिक – मेरीला मिळाले. नोबेल पारितोषिक मिळविणारी मेरी क्यूरी ही पहिली महिला ठरली. (त्यानंतर आठ वर्षांनी पुन्हा एकदा रसायनशास्त्रातील तिच्या कार्याबद्दल नोबेल पारितोषिक मिळाले. दोन वेळा नोबेल पारितोषिक मिळविण्याचा हा मान पुढील पन्नास वर्षांपर्यंत अबाधित राहिला).

पेरी व मेरी क्यूरीला आता सर्व काही मिळाले होते: किर्ती, मान्यता आणि सर्वात महत्त्वाचे म्हणजे एक अत्युत्कृष्ट प्रयोगशाळेत काम करण्याची संधी. पण त्यांचा आनंद फार काळ टिकला नाही – १९०६ मध्ये, रस्त्यात एका खटारा गाडीने धक्का दिल्यामुळे पेरी क्यूरीचे निधन झाले. दु:ख थोडेफार हलके करण्यासाठी, पेरीने ज्या कार्यात स्वत:ला वाहून घेतले होते त्या कार्यात मेरीने स्वत:ला झोकून दिले.

१९२० मध्ये क्यूरी कुटुंबाचा जुना मित्र आंद्रे डेबिअर्नसह क्यूरीने शानदार यश मिळविले – विज्ञानाच्या इतिहासात शुद्ध रेडिअम सर्वप्रथम अलग करण्यात यश मिळविले. तोपर्यंत, प्रयोगशाळेत किंवा कारखान्यात तयार होणारे "रेडिअम" म्हणजे खरे तर रेडिअमचे क्लोराइड किंवा ब्रोमाइड संयुग असायचे.

रेडिअम अलग करणे म्हणजे रसायनशास्त्रात ठाऊक असलेली सर्वात गुंतागुंतीची प्रक्रिया होती. एक ग्रॅम रेडिअम मिळविण्यासाठी कित्येक टन युरेनिअम धातुकावर प्रक्रिया करणे जरूरी होते. त्यासाठी ५०० टन विविध अभिकारक, १०००० टन कोळसा व तेवढ्याच उर्ध्वपातित पाण्याची जरूर होती. एक टन युरेनिअम धातुकात केवळ ग्रॅमचा काही भाग एवढेच रेडिअम असते. म्हणून तर, एक ग्रॅम धात्विक रेडिअम बाहेरून इतर धातूंसारखेच दिसत असले तरी १९१२ या वर्षी त्याला ५००,००० सुवर्ण रुबल मोजावे लागत. इतर कोणत्याही पदार्थाची किंमत इतकी अवास्तव कधीच नव्हती. रेडिअम हे सोन्याइतकेच वजनदार आहे असे म्हणणे म्हणूनच चूक आहे.

१९१४ मध्ये क्यूरीचे आणखी एक स्वप्न प्रत्यक्षात उतरले. पॅरिसमधील पेरी क्यूरी रस्त्यावर रेडिअम संशोधन संस्थेचे बांधकाम पूर्ण झाले. जीवन-कार्य सतत सुरू ठेवण्यास क्यूरीला जणू अपूर्व संधी प्राप्त झाली. पण तिने वेगळा विचार केला. पहिल्या महायुद्धाला तोंड फुटले होते. आजूबाजूला जीवन-मरणाचा संघर्ष सुरू असताना प्रयोगशाळेत कार्य करत राहण्याचा आपल्याला



हक्क नाही असे तिला वाटले. परिस्थितीस सामोरे जाणे उचित असा तिचा दृढ विश्वास होता.

जितक्या उत्साहाने पूर्वी तिने अनेक टन धातुकांवर प्रक्रिया केली होती, तितक्याच उत्साहाने युद्धकाळातील एक कठीण समस्या सोडविण्यास प्रारंभ केला: हॉस्पिटलमधील व रणांगणावरील जखमींकरता क्ष-किरण तपासणीची सोय करणे हेच ते काम होते. फ्रान्समध्ये महिला संघटनेकडून आर्थिक साहाय्य घेऊन तिने जगातील पहिल्या रेडिओ-चिकित्सा वाहनाची रचना केली. त्यानंतर दुसरे, तिसरे, याप्रमाणे वीस वाहनांचा ताफा तयार झाला. सीमेवर ज्या ज्या ठिकाणी घनघोर युद्ध चालू होते तेथे ही वाहने जात असत. मेरी स्वत: तहान-भूक विसरून जखमींची शुश्रुषा रात्रंदिवस करत होती. परिचारिकेची खोली, सैनिकांचा तंबू अथवा अगदी उघड्यावर झोपत असे.

शांतता प्रस्थापित झाल्यावर रेडिअम संशोधन संस्थेमध्ये ती परत आली. संशोधनाचे अनेक नवीन आराखडे तिने तयार केले होते. पण त्यासाठी रेडि-अमची आवश्यकता होती. तिच्याजवळ फक्त एक ग्रॅम रेडिअम शिल्लक होते.

१९२० च्या वसंत ऋतूत प्रसिद्ध अमेरिकन पत्रकार श्रीमती मेलोने यांनी रेडिअम संशोधन संस्थेला भेट देऊन मेरी क्यूरीची मुलाखत घेतली. तिने मेरीला विचारले, "काहीही मागण्याची मुभा तुम्हाला समजा दिली तर तुम्ही काय काय मागाल?" मेरीने त्वरित उत्तर दिले "माझे संशोधन कार्य पुढे सुरू ठेवण्यास एक ग्रॅम रेडिअम मिळाले तर मला खूपच आनंद होईल, कारण ते विकत घेणे मला परवडत नाही."

फ्रेंच शास्त्रज्ञाला मदत करण्याची श्रीमती मेलोने यांना कितीही तळमळ असली तरी आवश्यक ते १००,००० डॉलर त्यांच्याजवळ नव्हते. पण त्यांनी एक धाडसी योजना आखली: तिचे देशबांधव मेरीसाठी एक ग्रॅम रेडिअम खरेदी करून देतील. न्यूयॉर्कला परत आल्यावर या पत्रकार महिलेने एक

मोहीम सुरू केली. तिने एक खासगी समिती स्थापन केली आणि मेरी क्यूरी रेडिअम योजनेसाठी रक्कम जमविण्याच्या हेतूने राष्ट्रव्यापी प्रचार सुरू केला. एक वर्षाच्या आतच न्यूयॉर्कहून मेरीला एक तार मिळाली. रेडिअमसाठी जरूर असलेली रक्कम जमा झाल्याचे त्यामध्ये कळविले होते. मेरीने वॉशिंग्टनला प्रयाण केले. २० मे १९२१ रोजी अध्यक्ष हार्डिंग यांनी तिचे स्वागत केले व रेडिअम भेट दिले. तो खुद्द धातू मुळीच नव्हता. तिला भेट दिलेली वस्तू म्हणजे शिशाची एक पेटी होती. रेडिअमने भरलेल्या नळ्या त्यामध्ये ठेवायच्या होत्या. पिटसबर्गमधील कारखान्यात तिच्यासाठी रेडिअमचे उत्पादन करण्यात येऊन मग ते फ्रान्सला पाठविण्यात येणार होते. अध्यक्षांनी तिला तिन-रंगी फीतीत गुंडाळलेले एक चर्मपत्रसुद्धा दिले व तिच्या गळयात शिशाच्या पेटीसाठी असलेली सोन्याची चावी बांधलेली रेशमी फीत सुद्धा बांधली.

समारंभाच्या वेळी श्रीमती मेलोने यांनी मेरीची भेट घेतली. चर्मपत्रावर रेडिअमच्या मालकीबाबत एक अर्पण-पत्रिका लिहिण्यासाठी तिची संमती मागितली. मेरीने या गोष्टीला सक्त विरोध केला – "हा दस्तऐवज बदलला पाहिजे. अमेरिकेकडून मला जे रेडिअम भेट मिळणार आहे ते संपूर्ण विज्ञानाच्या मालकीचे आहे. मी जोपर्यंत जीवंत आहे तोपर्यंत फक्त शास्त्रीय संशोधनासाठीच मी ते वापरणार आहे. पण हे पत्र जर असेच राहू दिले तर माझ्या मृत्यूनंतर खासगी व्यक्तींचा – माझ्या मुलींचा – हक्क त्यावर प्रस्थापित होईल. असे होता कामा नये. हे रेडिअम माझ्या प्रयोगशाळेलाच देणे मला आवडेल." अशा तऱ्हेने अर्पण-पत्रिका अखेर बदलण्यात आली.

रेडिअमबाबत जगभर फारच उत्सुकता होती. मेरी हयात असताना व्हिएन्ना आणि वॉर्सा येथे रेडिअम संशोधन संस्था उभारण्यात आल्या. १९२२ च्या सुरुवातीस पेत्रोग्रादमध्ये रेडिअम संशोधन संस्थेची स्थापना करण्यात आली. तिच्या प्रमुखपदी अकादमीशिअन वेर्नादस्की यांची नेमणूक झाली. रशियन शास्त्र अकादमीच्या एका सभेत बोलताना वेर्नादस्की म्हणाले, "मला सांगण्यास आनंद होतो की, व्ही. जी. स्क्लोपिन यांच्या नेतृत्वाखाली काम करणाऱ्या रेडिअम संशोधन संस्थेच्या संशोधकांनी या वर्षी रशियन धातुकातून सर्वप्रथम रेडिअम मिळविले... फेरघाना खोऱ्यात (तुर्कस्तान – सध्याचे उज्बेकिस्तान) हे धातुक खणून काढण्यात आले. हे काम केवळ कागदावर नसून प्रत्यक्षात सुरू झाले आहे. आणि आज आपल्याला नवीन धातुकापासून आणि नवीन प्रक्रिया करून पहिले रेडिअम मिळाले आहे."

१९१६ पर्यंत जगामध्ये फक्त ४८ ग्रॅम रेडिअमचे उत्पादन झाले, तर १९२७ पर्यंत ३४० ग्रॅम झाले. आजसुद्धा, रेडिअमचे जागतिक साठे तीन किलोग्रॅमपेक्षा अधिक नाहीत. हे साहजिकच म्हटले पाहिजे, कारण प्रयोगशाळा, वैद्यकीय संस्था आणि उद्योगधंद्यांमध्ये शुद्ध रेडिअमऐवजी रेडिअमची

संयुगे वापरण्यात येतात. कारण शुद्ध रेडिअमपेक्षा त्याच्या संयुगांचे उत्पादन करणे सोपे आणि म्हणूनच कमी खर्चाचे असते.

हे मूलद्रव्य इतके प्रभावी आहे की काही खास रंग आणि रंग-द्रव्यांमध्ये त्याचे क्षार अतिशय सूक्ष्म प्रमाणात मिसळले तरी ते कायम प्रकाशमान राहतात. अशा प्रकारचे रंग विमानातील उपकरणांच्या दर्शक-काटयांच्या अग्रभागांवर लावलेले असतात, म्हणजे अंधारात सुद्धा ते स्पष्ट दिसतात.

गंमत अशी की, रेडिअमच्या प्रकाशमान गुणधर्माचा वापर करून घेण्याची कल्पना सर्वप्रथम सुप्रसिद्ध अमेरिकन नर्तकी लुई फुलरला सुचली. रेडिअममधून प्रकाशाचे उत्सर्जन होते ही बातमी तिने वर्तमानपत्रात वाचली तेव्हा तिने पंख असलेला पेहराव करायचा ठरविले,जेणेकरून अंधारात स्टेजवर आल्यावर पंख चमकतील. तिने क्यूरी दांपत्याला याबाबत पत्र लिहिले. पण त्यांनी नर्तकीची घोर निराशा केली. तिची योजना प्रत्यक्षात आणण्याजोगी नव्हती, कारण त्यासाठी इतके रेडिअम लागणार होते की त्यामुळे नर्तकीच्या जीवालाच धोका निर्माण झाला असता.

म्हणजेच, रेडिअमचा जसा उपाय होतो, तसाच एका मर्यादेपलिकडे त्यामुळे अपाय सुद्धा होऊ शकतो. ही मर्यादा किती? प्रत्येक घन किलोमीटर हवेमध्ये फक्त १० मिलिग्रॅम! म्हणूनच रेडिअम हाताळताना अत्यंत काळजी घेतली पाहिजे. रेडिअमच्या या घातक गुणधर्मामुळेच विज्ञान आणि तंत्रविज्ञानाच्या अनेक क्षेत्रात रेडिअम ऐवजी इतर स्वस्त आणि कमी धोकादायक कृत्रिम किरणोत्सारी मूलद्रव्यांचा वाढता वापर होऊ लागला आहे.

१९५८ मधील ब्रुसेल्स येथील जागतिक प्रदर्शनात एका वस्तूमुळे लोकांचे लक्ष वेधले जात होते. प्रथमदर्शनी या वस्तूमध्ये विशेष असे काहीच दिसत नव्हते. ती वस्तू म्हणजे कॅलिकोची बांधणी असलेली व अस्ताव्यस्त उघडी ठेवलेली एक वही होती. पेरी आणि मेरी क्यूरीची प्रयोगशाळेतील ती नोंद-वही होती. त्या वहीजवळ एक गैगर कन्ऊंटर सुद्धा होता व ध्वनिक्षेपकाला तो जोडला होता. तो काऊंटरसारखा 'क्लिक' होत होता व एक क्षणभर सुद्धा थांबत नव्हता. त्याचा अर्थ असा की, त्या वहीतून सतत किरणोत्सारी उत्सर्जन होत होते: सुमारे पन्नास वर्षांपूर्वी रेडिअम क्षाराच्या द्रावणाचे काही थेंब त्यावर चुकून पडले होते.

ज्यांनी ही नोंदवही वापरली ते केव्हाच काळाच्या पडद्याआड गेले आहेत. नोंदवहीतील पाने पिवळट व नाजूक झाली आहेत. पण काऊंटरची टिक-टिक मात्र सुरूच आहे. पॅरिसमधील एका कामचलाऊ शेडमधील प्रयोगशाळेत केव्हातरी जीवनदान मिळालेले रेडिअम पृथ्वीवरून संपूर्णपणे नाहीसे होण्यास अनेक युगे लागतील. पण ज्या दोन व्यक्तींनी इतिहासातील एक महान शोध लावला त्यांची आठवण मात्र काळाच्या प्रवाहात कधीही पुसली जाणार नाही.